

Ueber die Augen einiger Myriapoden.

Zugleich eine Entgegnung an Herrn Prof. Dr. V. Graber
in Czernowitz.

Von

Dr. **H. Grenacher**,
Professor der Zool. u. vergl. Anat.
in Rostock.

Hierzu Tafel XX u. XXI.

Im verflossenen Jahre habe ich die Resultate ausgedehnterer Studien über das Arthropodenauge veröffentlicht¹⁾, die, obschon leider noch recht lückenhaft gegenüber der unübersehbaren Fülle der in Betracht kommenden Formen und Entwicklungszustände, doch über einfache und zusammengesetzte Augen bei Insecten, Spinnen und Krebsen mancherlei neue Aufschlüsse und Gesichtspunkte ergeben haben dürften. Die Gründe, die mich veranlasst haben, von einer analogen Behandlung der Augen der vierten hier in Frage kommenden Classe der Myriapoden damals noch abzusehen, habe ich im Vorworte meines Buches flüchtig angedeutet. Ich habe mich unterdessen vielfach bemüht, zur Untersuchung brauchbares Material zu erhalten, und bin darin in dankenswerther Weise von einer Reihe von Forschern unterstützt worden, so dass ich es jetzt vielleicht wagen darf, einen Nachtrag zu meiner früheren Arbeit zu liefern. Leider bleiben auch hier einige und zwar recht wesentliche Fragen einstweilen noch ungelöst; ich habe aber keine Hoffnung, sie mit dem mir zu Gebote stehenden Materiale noch lösen zu können, und trete wenigstens mit den Resultaten, von denen ich wünsche, dass sie als gesicherte werden gelten können, vor die Fachgenossen.

1) H. Grenacher, Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden, insbesondere der Spinnen, Insecten und Crustaceen. Göttingen 1879, mit 11 Taf. 4^o.

Unterdessen hat das Myriapodenaugen in der neueren Zeit doch mehr die Aufmerksamkeit auf sich gezogen als früher. So ist namentlich ebenfalls im verflossenen Jahre in diesem Archive ein Aufsatz von Graber¹⁾ erschienen, der sich, ausser mit den einfachen Augen der Arachniden, auch specieller mit jenen befasst. Darin finden auch meine früheren Untersuchungen Berücksichtigung, und erfahren, wie der Verfasser wenigstens meint, in mehreren fundamentalen Punkten recht wesentliche Correcturen.

Nun weiss ich sehr wohl, wie viel noch an meiner Arbeit zu ergänzen und zu berichtigen ist, besser vielleicht als irgend ein Anderer, und ich werde demgemäss einem Jeden, der gelegentliche Versehen corrigirt und Irrthümer ausmerzt, nur dankbar sein. Dazu wird es freilich, wie ich glaube, ziemlich eingehender und genauer Studien bedürfen, und blos gelegentlich angestellte flüchtige Streifzüge in das notorisch schwierige Gebiet dürften wohl kaum zu solchen Resultaten führen. Einem solchen flüchtigen Streifzug scheint aber der Aufsatz Graber's seine Entstehung zu verdanken und ich bedaure, durch das Interesse der eigenen Vertheidigung, wie durch den Wunsch, Irrthümern den Weg zu verlegen, damit sie nicht als wissenschaftlich constatirte Thatsachen figuriren, genöthigt zu sein, eine Anzahl darin enthaltener ernster Beobachtungsfehler blosslegen zu müssen.

Bevor ich deshalb zu meiner im Titel genannten Aufgabe übergehe, möge man mir gestatten, meine Vertheidigung zu führen, resp. einige der Irrthümer Graber's so gut es angeht wieder zu beseitigen. Auch die Besprechung des Myriapodenauges wird noch Veranlassung zu zahlreichen Correcturen geben, die das oben ausgesprochene Urtheil als ein berechtigtes erscheinen lassen.

I.

Ich glaube das Verdienst in Anspruch nehmen zu dürfen, in der Frage nach der morphologischen Zusammensetzung des einfachen wie des facettirten Arthropodenauges unter Anderm durch den Nachweis eines beiden Augenformen angehörigen constanten

1) V. Graber, Ueber das unicorneale Tracheaten- und speciell das Arachnoideen- und Myriapoden-Auge. Dies. Arch. Vol. XVII. 1879. pag. 58—94. Mit Taf. V—VII.

Elementes, der Retinazelle mit ihrem Stäbchen, einen nicht unwesentlichen Fortschritt angebahnt zu haben. Im gewöhnlichen Stemma — einer Spinne etwa — lagern sich diese Retinazellen als discrete Gebilde palissadenartig neben einander; vorn trägt jede ihr bald so, bald anders beschaffenes Stäbchen, dessen Entstehung von der Zelle abhängig ist, und nach hinten geht jede in eine Faser des Opticus über. Während im Stemma die Zahl dieser Elemente eine wandelbare, nicht limitirte, meist aber sehr ansehnliche ist, verhält sich dies im Facettenauge, wo sie sich wieder finden, in sofern anders, als hier jeder Facette nur eine bestimmte kleine Anzahl — meist sieben — solcher Zellen zukommen, deren Stäbchen wohl auch selbständig bleiben, in sehr vielen Fällen aber zu einem in der Axe des ganzen Complexes gelegenen stabartigen Gebilde (Rhabdom, wie ich, Sehstab, wie frühere Autoren es genannt haben) verschmelzen können.

Dies, sowie das hier nicht zu erörternde Verhalten der vor den percipirenden Organen gelegenen lichtbrechenden Partien des Auges hat mir die Möglichkeit gegeben, auf eine wie ich glaube einfache und ungezwungene, weil in sich widerspruchsfreie Weise das Verhältniss des Stemma zum Facettenauge morphologisch zu bestimmen, und auch die functionelle Seite des letzteren einer Revision zu unterziehen; und ich darf wohl annehmen, dass, ganz abgesehen von dem persönlichen Vertrauen, das man mir allenfalls als Beobachter entgegenbringen mag, auch hier das alte Wort: „Simplex sigillum veri“ gewichtig zu Gunsten der neuen Darstellung in die Wagschale fallen dürfte.

Auch nach einer andern Seite hin glaubte ich hoffen zu dürfen, einen Anstoss gegeben zu haben, dessen Wirkungen freilich der Natur der Dinge nach sich nicht so unmittelbar äussern können. Im letzten Abschnitte meiner Arbeit habe ich nämlich das Retinaelement der Arthropoden mit dem der übrigen Thiere in Vergleichung gebracht, und, soweit die fremden und eine Anzahl eigener Beobachtungen ein Urtheil gestatteten, überall eine im Principe gleiche Zusammensetzung nachweisen können. Wie wichtig dies für eine künftige generelle Definition dessen, was man jetzt noch oft ganz willkürlich und nach subjectivem Gutdünken als Retina bezeichnet, werden dürfte, leuchtet wohl von selber ein.

Meine Untersuchungen haben also vor Allem die Einzelligkeit der constituirenden Elemente der Retina ergeben, und sie ist die

Voraussetzung für die Vergleichbarkeit desselben im einfachen mit dem des zusammengesetzten Auges, wie nicht minder der Retinaelemente der verschiedenen übrigen Thierkreise und -Klassen. Der Formwerth des Retinaelementes als einer einfachen Sinneszelle manifestirt sich aber durch den Besitz eines nur in einfacher Anzahl vorhandenen Zellkernes.

Hierin liegt nun die principielle Differenz zwischen meinen Untersuchungsergebnissen und denen Graber's. Ist seine Darstellung richtig, so habe ich bei meinen Beobachtungen sehr ernste Fehler begangen, die mich zu folgenschweren Trugschlüssen verleitet haben. In seiner vorhin citirten Arbeit sucht er den Nachweis zu führen, dass das Retinaelement des Stemma dem ihm von mir vindicirten Character einer einfachen Sinneszelle nicht entspreche; es bestehe aus mehreren, zwei oder gar drei Zellen, wie das Vorhandensein ebensovieler Kerne beweise. Damit wäre denn freilich das Schicksal eines der wesentlichsten Theile meiner Arbeit — die morphologische Zurückführung des Facettenauges auf das Stemma — gründlich besiegt, und die Untersuchung kann wieder von vorn beginnen.

Aber damit nicht genug. Seither hat derselbe so productive Verfasser eine neue Arbeit über das Auge der Anneliden¹⁾ veröffentlicht, die den gleichen Tenor für diese Thierklasse einhält, und eine nicht zu unterschätzende Stütze zu Gunsten seiner allgemeinen Auffassung des Retinaelementes zu bieten scheint. Trotz zahlreicher, aus eigenen früheren und neuerdings wiederholten Beobachtungen hervorgegangener Bedenken liegt mir der letztere Aufsatz vorläufig ferner; ich muss es einstweilen Andern anheimstellen, die, wie ich zu zeigen haben werde, ganz unerlässliche genauere Controle der Graber'schen Ansichten vorzunehmen, und habe mich hier nur an seine erste Arbeit zu halten.

Wird nun so nach Graber eine Vergleichung des Retinaelementes des Stemma mit dem des Facettenauges vor der Hand unmöglich, so bietet er doch nach einer andern Richtung hin eine Art von Schadloshaltung, und zwar da, wo man es a priori kaum für wahrscheinlich hätte halten sollen. Er verweist uns nämlich

1) V. Graber, Morphologische Untersuchungen über die Augen der freilebenden marinen Borstenwürmer. Dies. Arch. Vol. XVII, pag. 243—323, Taf. XXVIII—XXX.

auf die von ihm früher eingehender studirten Endorgane der tympanalen Sinnesorgane der Orthopteren als auf die wahren Homologa der Retinaelemente des Stemma. Ohne die Möglichkeit einer derartigen Uebereinstimmung auch nur entfernt bestreiten zu wollen, liegt es aber vor allem weit näher, an die thatsächliche Prüfung seiner Gründe heranzutreten, um zu sehen, ob diese Trennung zwischen den Retinaelementen des einfachen und des zusammengesetzten Auges irgendwie berechtigt ist.

Zunächst mögen einige Worte über das Material gestattet sein; das Graber seinen Untersuchungen zu Grunde legte. Ausser einigen Myriapoden (*Scolopendra*, *Iulus*, *Lithobius*) hat er noch Scorpione untersucht, die ich in meiner oben genannten Arbeit ebensowenig wie die Myriapoden berücksichtigen konnte. Von Spinnen wird *Epeira* eingehender behandelt, ausserdem finden sich noch ein paar Notizen über *Thomisus* und *Tegenaria*. Meine eigenen Untersuchungen über Arachniden erstreckten sich über die Gattungen *Phalangium*, *Epeira*, *Lycosa*, *Salticus*, die eingehend untersucht wurden; dazu kommen noch die Stemmata einiger Insecten und Insectenlarven, die Graber ziemlich fremd geblieben zu sein scheinen. Unsern beiderseitigen Untersuchungen ist demnach blos die Gattung *Epeira* gemeinsam. Um nun über die beanstandeten Punkte ein competentes Urtheil gewinnen zu können, habe ich ausser den Myriapoden, die weiter unten gesondert zur Sprache kommen werden, auch die Augen der Scorpione einer Revision unterzogen, ebenso aber auch neue Untersuchungen an frischgesammeltem Materiale von *Epeira* und *Lycosa* — und, wie ich wohl versichern darf, frei von Vorurtheil und Voreingenommenheit — angestellt. Auf die Gattung *Tegenaria* mich einzulassen, dazu fühlte ich mich allerdings nicht veranlasst, da ich von frühern Versuchen her nur zu gut weiss, welche Schwierigkeiten sich gerade dem Studium dieser Augen entgegenstellen, und wie vorsichtig man gerade hier mit der Deutung seiner Befunde sein muss. Trotz meines Wunsches, Graber hätte sich, bevor er über meine Resultate so bestimmt und allgemeingültig aburtheilte, veranlasst fühlen mögen, mir hinsichtlich des Materiales etwas auf meinen eigenen Boden zu folgen, und namentlich eine oder die andere der oben neben *Epeira* genannten Spinnengattungen, sowie die Insectenstemmata zu berücksichtigen, so bin ich doch weit entfernt, aus dem Unterlassen solcher Nachprüfung einen

Vorwurf ableiten zu wollen. Sind seine Resultate, als was er sie ausgeben möchte, Thatsachen, so ist damit die von mir postulierte Gesetzmässigkeit im morphologischen Aufbau der beiden Augenformen der Arthropoden nebst allen weiteren Consequenzen daraus gesprengt, gleichviel, woher sonst die Facta überhaupt stammen mögen.

Der hervorgehobene Differenzpunkt unserer beiderseitigen Auffassungen des Retinaelementes ist wohl der wichtigste, aber nicht der einzige. Ich gedenke indessen keineswegs, mich auf alle derselben einzulassen; eine Anzahl derselben ist zu geringfügig an sich, um dabei zu verweilen. Die Graber'sche Auffassung des ersteren findet sich hauptsächlich in dem „Retina“ überschriebenen Abschnitte seiner Arbeit (besond. pag. 67—80); mit ihm werde ich beginnen, und den Rest, soweit es mir die Mühe der Discussion zu lohnen scheint, daran anknüpfen.

Nach Graber besteht der „Retina-Strahl“, mein Retinaelement, in den meisten der von ihm untersuchten Fälle aus einer basalen Ganglienzelle, der sich nach aussen (vorn) noch der mindestens aus einer, zuweilen aber aus zwei Zellen („Stäbchenzellen“) bestehende stäbchenträgende „Endschlauch“ anschliesst. In den dieses Resultat nicht ergebenden Fällen (einige Myriapoden) führt er die durch die Kleinheit des Objectes bedingte Erschwerung der Beobachtung als Erklärungsgrund an. Mit Hinweglassung alles des auf die Myriapoden Bezüglichen will ich hier die Resultate meiner Nachprüfung vorlegen.

Graber spricht, wie bemerkt, von Ganglienzellen im Grunde des Auges, und nähert sich also sehr einer früher viel verbreiteten Auffassung. Dass meine Deutung der Retinaelemente als epitheliale, sehr wahrscheinlich in allen Fällen der Hypodermis entstammende Gebilde angefochten, und jene Bezeichnung für sie zu substituieren versucht werden könnte, darauf musste ich wohl gefasst sein, so lange nicht durch gerade in den Sinnesorganen schwierige Definitionen sichere Grenzpfähle, innerhalb deren die Anwendung solcher Termini gestattet ist, errichtet sind. Würde Graber in diesem Sinne das Wort gebrauchen, so würde es mir nicht einfallen, dagegen Widerspruch erheben zu wollen. Aber abgesehen von der durch seine Auffassung ganz veränderten Bedeutung für den Aufbau des Retinaelementes zieht er sich hinter die Autorität von Leydig zurück, dessen früheren analogen An-

gaben ich nach seiner Ansicht nicht genügende Beachtung geschenkt habe (l. c. pag. 68).

Meine Auseinandersetzung mit Leydig über diesen Gegenstand findet sich pag. 56 meines Buches und wenn Graber sich nur die Mühe genommen hätte, die betr. Stellen in den Leydig'schen Schriften aufmerksam zu lesen, so würde er wohl mit seinem Vorwurfe nicht hervorgetreten sein. Leydig spricht in seiner hier hauptsächlich zu Rathe zu ziehenden Hauptarbeit ¹⁾ von zweierlei Formen von Ganglienzellen im Spinnenaug: die ersten sind jene bipolaren, die zwischen Stäbchen und Linse liegen sollen, hier also doch sicher nicht in Frage kommen können. Dass er aber in der von Graber (l. c. pag. 68) mir entgegengehaltenen Stelle seiner „Histologie“ pag. 253 dieselben Elemente gemeint hat, geht doch aus dem Satze: „bipolare Ganglienkugeln, deren unteres rohrartig ausgezogenes Ende die Stäbchen einzuschliessen schien“ so evident hervor, dass es doch wohl auf eine gewisse Flüchtigkeit der Lectüre hinweist, wenn er damit gegen mich argumentiren will. — Die andere Form erwähnt Leydig pag. 442 der unten citirten Abhandlung („am hintern Augensegment entwickeln die Nervi optici — durch Aufnahme körniger und zelliger Elemente ein Analogon des Sehganglion im facettirten Auge“); da diese aber ausserhalb des Pigmentes (vgl. Fig. 24 Taf. XVII l. c.; ferner Fig. 135 pag. 256 der „Histologie“), damit aber auch, da das Auge bis zur Grenzcuticula hin pigmentirt ist, ausserhalb des Auges liegen, so wird doch Graber mit diesen kaum noch gegen mich operiren wollen. — Genau so dem Sinne nach habe ich mich schon früher über diesen Punkt ausgesprochen.

Meine Untersuchungen über das Verhalten der Retinaelemente bei Scorpionen hinsichtlich der uns hier beschäftigenden Fragen habe ich an drei Formen angestellt: *Buthus afer*, *Ischnurus caudicula* und *Lychas americanus* (die beiden letzteren aus dem Mus. Godeffroy). Ich habe mich auf die Mittelaugen beschränkt, und meistens Längsschnitte der Prüfung unterworfen, sie auf verschiedene Weise entfärbt und theilweise auch künstlich tingirt. (Nur von *Buthus* habe ich auch Querschnitte untersucht,

1) Fr. Leydig, Zum feineren Bau der Arthropoden. Müller's Arch. f. Anat. u. Physiol. 1855.

und an diesen, wie ich nur beiläufig bemerken will, die von Graber beschriebene Gruppierung der Stäbchen zu je fünf beständigen können.) Es dürfte die Bemerkung nicht überflüssig sein, dass der Erhaltungszustand des von mir benutzten Materiales in jeder Hinsicht ein zufriedenstellender war.

Graber hat nun in den Augen der Scorpione drei dem Retinaelemente angehörende Kerne aufgefunden: „Vorder“- und „Hinter“- (Ganglienzellen-) Kerne sowohl in den Mittel- als den Seitenaugen; „Mittelkerne“ nur einmal angedeutet in einem Zupfpräparate des Seitenauges (l. c. pag. 75). Diese Kernformen sind geradezu überraschend ungleich entwickelt: während die „Hinterkerne“ gar nicht übersehen werden können, sind die „Vorder“- und „Mittelkerne“ nur mit grosser Mühe nachweisbar; immerhin hat Graber wenigstens die ersteren bei *Buthus* „wiederholt constatirt“ und „glaubt sich von ihrer Existenz hinlänglich überzeugt zu haben“ (l. c. p. 72), wie er sie in der That dann auch zeichnet und sogar misst.

Leider bin ich selbst nicht entfernt so glücklich gewesen, mich von der Existenz dieser Kerne überzeugen zu können; ich möchte im Gegentheil behaupten, dass eine mit allen mir zu Gebote stehenden Hilfsmitteln vorgenommene Prüfung mir die feste Ueberzeugung von ihrer Nichtexistenz beigebracht hat. Graber hat in Wort und Bild ganz unzweideutig angegeben, wo diese Vorderkerne liegen und zu suchen sein sollen; ihre von ihm auf ca. 0,005 mm bestimmten Dimensionen liegen noch keineswegs jenseits der Grenze, an der die Wahrnehmbarkeit durch die besseren starken Systeme der Gegenwart Schwierigkeiten bietet, falls nicht andere Umstände, wie versteckte Lage, ungewöhnliche Transparenz od. dgl. hinzukommen. Und doch habe ich an meinen zahlreichen Präparaten auch nicht ein einzigesmal etwas wahrnehmen können, was auch nur entfernt einem Zellenkerne ähnlich gewesen wäre; Wasser- und Oellinsen (Zeiss) schienen hier in gleicher Weite ihren Dienst zu versagen. An Tinctionspräparaten hätte ich innerhalb wie ausserhalb des Auges die Kerne zählen können, aber in der von Graber angegebenen Region war auch hierbei absolut Nichts zu erkennen, trotzdem diese Schnitte mir Hunderte und Tausende von Enden, welche diese Kerne beherbergen sollten, in untadeliger Schärfe und Deutlichkeit zeigten. Fussend auf dem unbestreitbaren Rechte, meinen eigenen Sinneswahrnehmungen in solchen Fragen in erster Linie Vertrauen zu schenken, muss ich

demnach einen positiven Irrthum Graber's hier annehmen, und bin ausser Stande, dessen Entstehung in irgend einer plausibeln Weise zu erklären.

Ganz anders steht es freilich mit den Hinter-, Basal- oder Ganglienzellkernen. Diese Dinge existiren wirklich und unzweifelhaft, wie man schon bei Anwendung relativ schwacher Vergrösserung mit Leichtigkeit sieht. Graber beschreibt sie völlig correct nach Form und Färbung, nach Grösse und Lichtbrechungsvermögen, kurz, meine eigenen Beobachtungen stimmen nach diesen Seiten hin bis auf's Einzelne mit den seinigen überein. Freilich nur bis auf einen kleinen, doch nicht ganz nebensächlichen Umstand. Wie in aller Welt konnte Graber auch nur für einen Moment auf den Gedanken kommen, diese Gebilde für Zellkerne zu erklären? Das ist mir heute noch ein ungelöstes Räthsel. Schon beim ersten Durchlesen seines Aufsatzes waren mir diese Dinge stark verdächtig, da ich doch auch schon einige Formen von Zellkernen im Arthropodenaugen zu Gesichte bekommen habe, so curiose aber noch nie. Die spätere Untersuchung ergab denn auch auf den ersten Blick, wie berechtigt mein Misstrauen war: sie haben mit Zellkernen weiter nichts gemein, als den gewiss nicht sehr wesentlichen Umstand, dass sie, wie jene meistens auch, mikroskopische Körper von rundlicher Form sind. Damit sind aber die Aehnlichkeiten vollkommen erschöpft, denn sonst sind es solide, harte Körper, mit einer schwankenden Anzahl von Vacuolen versehen, die Graber natürlich als Nucleoli ansieht und beschreibt, und vor allem mit einem sehr hohen Brechungsindex, den Graber ganz treffend (und ohne dadurch stutzig zu werden!) als „fast öltropfenartig“ bezeichnet. (Mir scheint übrigens, beiläufig bemerkt, der Brechungsindex, nach dem Aussehen der in Glycerin liegenden Präparate zu schliessen, noch über den der Fette hinauszugehen.) Aus dem Umstande, dass sie sich in den zur Entfärbung verwandten verdünnten Mineralsäuren und Alkalien, sowie in Terpentinöl nicht verändern, kann ich über ihre Natur blos den Schluss ziehen, dass sie weder aus kohlensaurem Kalk noch aus Fett bestehen; eine eingehendere Prüfung ihrer chemischen Beschaffenheit muss ich Denen überlassen, die besser damit Bescheid wissen als ich. — Uebrigens nehmen sie künstliche Farbstoffe mit Leichtigkeit auf, noch weit leichter und reicher, als wirkliche Kerne, und halten sie auch mit grösster Zähigkeit fest.

Bei *Buthus* liegen sie in jedem Längsschnitte durch das Auge zu Hunderten in einer bestimmten Region dicht vor der Vereinigung der Opticusfasern mit den Retinazellen, und bilden also eine der Retinabegrenzung entsprechende Kugelschale; wie Graber (l. c. Taf. V, Fig. 14) sehr hübsch zeichnet, sind sie hier kugelig und von ziemlich gleicher Grösse. Bei *Ischnurus* sind sie mehr oval und sowohl absolut als auch relativ kleiner, auch variabler in der Grösse. Bei dem einen von mir untersuchten Exemplare von *Lychnas* waren sie nur durch spärliche und ziemlich kleine Körnchen angedeutet, die hauptsächlich durch ihre Lichtbrechung sich als analoge Bildungen zu erkennen gaben. — Im Uebrigen bin ich nicht sicher, ob diese Körper überhaupt im Innern der Retinazellen liegen, oder vielleicht nur zwischen sie eingelagert sind, ihre relativ leichte Isolirbarkeit (sie schwimmen in mit Nadeln zerzupften Schnitten immer in ziemlicher Anzahl frei herum) lässt mich daran denken, obschon ich es leider bei meinem spärlichen Materiale versäumte, auf diesen Punkt, der für mich freilich nur ein nebensächlicher ist, specieller zu achten. Ob sie mit den von mir früher beschriebenen Körpern im Innern der Retinulazellen von *Notonecta* (l. s. c. pag. 83, Taf. VII, Figg. 49, 51, 52), sowie mit andern, in den Augen von *Epeira* vorkommenden unregelmässigen Körpern (die ich früher nicht erwähnte, weil ich noch Zweifel hegte, ob sie überhaupt dem Auge von Hause aus zukämen, oder etwa Kunstprodukte wären, was ich jetzt nach erneuter Prüfung für ausgeschlossen halte) in Parallele zu stellen sind, muss ich vorläufig auf sich selbst beruhen lassen. Mag es nun auch noch so schwierig sein, diese Körper nach morphologischer und physiologischer Seite hin genau zu deuten — das Eine ist jedenfalls sicher und sehr leicht zu beweisen, dass sie mit Zellkernen nicht das Geringste zu thun haben; dass demnach der Hinweis Graber's auf ihre Form etc. (l. c. pag. 72) als Argument für die Existenz gesonderter Ganglienzellen wohl kaum verfangen dürfte.

Nun hätte mir noch obgelegen, auf den von Graber nur einmal und andeutungsweise im Seitenauge gesehenen Mittelkern zu fahnden. Ich muss aber gestehen, dass ich mich dieser Arbeit um so eher überhoben glauben durfte, als die von mir darauf sorgsam untersuchten Mittelaugen nichts davon erkennen liessen, und hier hätte man sie, wenn typisch, doch wohl auch erwarten müssen.

Wenn es nun mit den bisher besprochenen „Kernen“ so misslich aussieht, so darf man freilich darum doch noch nicht annehmen, dass die Retinaelemente der Scorpione kernlos wären. Den einzig vorhandenen wirklichen Zellkern hat Graber freilich übersehen, und derselbe ist doch weder klein, noch durch besonders versteckte Lage schwierig zu finden. Dass sie ihm bei *Buthus*, wo sie an Grösse hinter seinen vermeintlichen „Ganglienzellkernen“ nicht zurückbleiben (sie messen ca. 0,012—0,013 mm in der Länge, ca. 0,09 mm in der Breite; jene haben ca. 0,01 mm Durchmesser) entgangen sind, scheint mir ein ebenso charakteristisches Moment für die Genauigkeit seiner Untersuchung, wie dass er letztere für Zellkerne halten konnte; zudem liegen sie so dicht vor der Zone jener stark lichtbrechenden Körner, dass man beim Einstellen auf diese immer eine Menge jener Kerne zugleich im Gesichtsfelde hat. Ganz selbstverständlich sind sie von weit bescheidenerem Habitus als jene, und machen sich nicht so aufdringlich bemerkbar; sie wollen deshalb, wie die Kerne in andern Arthropodenaugen unter analogen Umständen auch, etwas gesucht sein. — Auch bei *Ischnurus* wie bei *Lychas* habe ich sie in der gleichen Region und mit derselben Leichtigkeit und Bestimmtheit aufgefunden; sie sind hier ebenfalls die allbekannten ovalen Bläschenformen, nur, entsprechend der geringen Grösse der Thiere und Augen, kleiner als bei *Buthus*.

Von dem „embarras de richesse“ an Zellkernen bleibt demnach verzweifelt wenig übrig. Mein Corrector hat Kerne beschrieben, die nicht existiren, Dinge für Kerne gehalten, die keine solchen sind, und schliesslich die wirklichen Kerne völlig übersehen, also alle überhaupt möglichen Fehler in einem Athemzug begangen — gewiss ein etwas tragikomisches Ergebniss einer gerade auf Zellkerne sich beziehenden Berichtigung! Jedenfalls habe ich vorläufig noch keine Veranlassung erhalten, meine morphologischen Anschauungen über das Retinaelement des Stemma nach den Scorpionaugen zu modificiren. Sehen wir nun zu, ob und wie sie vor dem Spinnenauge Stand halten.

Aus meinen Untersuchungen über die Sehorgane der Spinnen glaube ich den Nachweis eines eigenthümlichen, bei den Augen ein und desselben Thieres vorkommenden Dimorphismus der Retinaelemente als eines der interessantesten Resultate betrachten zu dürfen. Dieser noch nirgends sonst beobachtete, zur Zeit

morphologisch wie physiologisch noch unerklärliche, aber, wie ich glaube, durch die unter sich übereinstimmenden Untersuchungsergebnisse von drei Gattungen als Familienrepräsentanten wenigstens als Factum feststehende Dimorphismus besteht darin, dass bei der einen Augenform der Kern die normale Lage zwischen dem Stäbchen und dem Eintritt der Opticusfaser hat, bei der andern aber vor dem Stäbchen sich findet. (Für diese relativen Lagenverhältnisse von Stäbchen und Kern wendet Graber die Bezeichnungen „präbacilläre“ und „postbacilläre Kerne“ an, die ich hier im Interesse der Kürze des Ausdruckes adoptiren will.) Graber findet nun, dass die von mir betonten Kerne in den verschiedenen Thieren nicht minder wie in den Augen ein und desselben Thieres einen sehr ungleichen Werth besitzen sollen (l. c. pag. 69)¹⁾. Da er nun von der Mehrzelligkeit, resp. Mehrkernigkeit der Retinaelemente überzeugt ist, so folgert er einfach, dass es viel wahrscheinlicher sei, ich hätte die kleinen Vorderkerne in den Augen, in denen ich nur Hinterkerne beschrieben habe, übersehen, als dass die Retina des einen Auges nur Vorder-, die des andern nur Hinterkerne besitze.

Hier wollen wir einen Moment Halt machen, um die hier zu Tage tretende Logik näher zu betrachten. Warum soll ich nun aber bloß die kleinen Vorderkerne übersehen haben? Sind seine Prämissen von der Mehrzelligkeit des Retinaelementes richtig, so ergibt sich doch mit absoluter logischer Nothwendigkeit, dass ich in allen Spinnenaugen mit postbacillärem Kerne den präbacillären, nicht minder aber auch in allen Augen mit präbacillärem Kerne den postbacillären, d. h. in diesem Falle den von ihm als „Ganglienzellenkern“ bezeichneten übersehen haben muss. Warum Graber aber die nothwendigen Folgerungen aus seinen Prämissen nur zur Hälfte, soweit sie die „Vorderkerne“ betreffen, zieht, die andere Hälfte aber hinsichtlich der „Hinterkerne“ mit Stillschweigen übergeht, würde schwer zu verstehen sein, wenn nicht im Späteren ein Schlüssel für diese einseitige Handhabung des Schlussverfahrens gegeben wäre.

1) In der von ihm nach meinen Untersuchungen gegebenen Aufzählung der Augenformen mit präbacillärem Kern finde ich zu meinem Erstaunen auch die *Phryganea* genannt, deren Stemma mir durch das Fehlen der Stäbchen so merkwürdig scheint. Wie kann aber in einem stäbchenlosen Retinaelement von einem präbacillären Kerne die Rede sein?

Genug — auf jene halbe Folgerung hin macht sich Graber an die Untersuchung des Vorderauges von *Epeira* — und findet richtig „den von Grenacher hier gänzlich übersehenen Präbacillärkern“ (l. c. pag. 74). Auch hier sind sie, wie bei den Scorpionen, sehr klein und schwierig nachzuweisen, aber trotzdem glaubt Graber „sie doch wirklich gesehen zu haben“.

Ich will nun nicht mit der Darstellung aller von mir zur Prüfung vorgenommener Manipulationen, die an reichlich gesammeltem frischen Material (*E. diadema*) angestellt wurden, ermüden; ich glaube mich einfach auf die Versicherung beschränken zu dürfen, dass die Resultate genau so ausfielen, wie die schon früher veröffentlichten, also genau so negativ, wie oben bei den Scorpionen ¹⁾).

Im medialen Hinterauge von *Epeira* habe ich blos Retinaelemente mit präbacillären Kernen gefunden und beschrieben, und Graber hat bei seiner Nachprüfung diese auch wiedergefunden. Wo bleiben aber die „Ganglienzellenkerne“, die doch, wenn er mit seiner Auffassung Recht hat, hinter dem Stäbchen als postbacilläre sich finden müssten, und jedenfalls um so eher, als er den Ganglienzellen eine so integrierende Rolle zuschreibt? Damit siehts nach seinem eigenen Geständniss misslich aus, und selbst sein Findexglück scheint ihm hier untreu geworden zu sein. Er sagt nämlich selbst (l. c. p. 76): „an einem medianen, d. i. der Körperlängsachse parallelen Schnitte erscheint die Retina in der That in der von Grenacher angegebenen Art, wobei gegenüber dem Vorderauge besonders der Umstand bemerkenswerth ist, dass anscheinend sämtliche Opticusfasern ohne die geringste basale Anschwellung in die stäbchentragenden Endschläuche übergehen und damit also gegenüber dem gewöhnlichen Verhalten eine nicht zu verkennende Abweichung begründen“. Also blos eine Ausnahme soll dies Verhalten sein; hätte Graber sich die Mühe gemacht, eine beliebige *Lycosa*- oder *Salticus*-Art auf ihren Augenbau zu prüfen, so würde er wohl gefunden haben, dass es sogar für eine bestimmte Augenform geradezu Regel ist, die die Richtigkeit seiner Prämissen einfach über den Haufen wirft.

1) Nur eine kleine technische Notiz: will man durch Tinctionsmethoden das in Frage stehende vordere Mittelauge von *Epeira* prüfen, so ist eine vorherige Pigmentzerstörung, welche häufig die Tinction erschwert, überflüssig; da die Stäbchenregion hier pigmentfrei ist.

Freilich geht es auch hier ohne „Ganglienzellen“ nun einmal nicht ab, nur liegen sie leider in einem ganz anderen Theile des Auges, im äusseren Winkel desselben, wo sie „eine Anhäufung dicker Ganglienzellen mit sehr deutlichen Kernen, die jenen des Vorderauges sozusagen identisch sind“ bilden; dabei entgeht ihm aber ihre völlige Unabhängigkeit von den ersteren Elementen nicht, sie sind also für seine Auffassung unbrauchbar.

Mir selbst ist das hier berührte Factum nicht neu; ich kenne es schon seit der Zeit der Drucklegung meines Buches, als es für eine Erwähnung darin leider schon zu spät war. Ich kann hier noch ergänzend hinzufügen, dass in diesem äusseren Retinawinkel nicht nur Zellen mit basalen Kernen sich finden, die ganz denen des Vorderauges gleichen, sondern auch Stäbchen, die ebenfalls mit jenen des Vorderauges übereinstimmen, namentlich auch darin, dass sich vor ihnen keine Kerne mehr nachweisen lassen. Sie sind freilich auf Schnitten nicht leicht gleichzeitig mit jenen Zellen, die nicht gerade, sondern mehrfach gebogen verlaufen, zur Ansicht zu bringen, so dass zwar ihre Zugehörigkeit zu diesen Zellen sich mit allem Grund vermuthen lässt, aber nicht zur Evidenz zu demonstriren ist. Ueberdies findet sich in dieser Region auch ein störender Streif Tapetum. Ich meinerseits ziehe demnach aus diesen Beobachtungen einfach den Schluss, dass zwar wohl der weitaus überwiegende Theil der Retina (wie namentlich Flächenschnitte durch diese besonders deutlich zeigen) in einer von der des Vorderauges abweichenden Weise gebaut ist, dass aber doch ein kleiner Theil ihrer Elemente hinsichtlich ihres typischen Baues mit jenem des Vorderauges übereinstimmt. Eine Erklärung dieses seltsamen Verhaltens, das sich, wie ich sicher weiss, auch im entsprechenden Auge von *Argiope Brünnichii* (*Epeira fasciata*), und, wie ich glaube, ausserdem noch in den Augen einer Reihe anderer Spinnen (*Tegenaria*, *Argyroneta* etc.), aber noch verwickelter und schwieriger zu deuten, wiederholt, muss vorläufig als unmöglich zurückgeschoben werden; wir können daraus bloss ersehen, wie viel es hier noch zu thun giebt. Wenn auch die Andeutung Graber's, dass es sich eventuell um ein unterhalb des gemeinsamen Glaskörpers differenzirtes „subordinirtes Binnenauge“ handeln möge, unmöglich ernst zu nehmen ist, so soll doch sein Verdienst, zuerst darauf aufmerksam gemacht zu haben, nicht geschmälert werden.

Nachdem ich nun auch für die Spinnenaugen die Graber'schen Berichtigungen in ihrem wahren Werthe gezeigt zu haben glaube, möchte ich nur noch anführen, dass ich seit der Publication meines Buches noch mehrfach Untersuchungen über die dort noch behandelten Gattungen neu angestellt habe, in der Hoffnung einige früher noch unklar gebliebene Punkte aufhellen zu können. Aber hinsichtlich der Kernvertheilung sind meine Resultate die gleichen geblieben. Damit ist auch schon meine Ansicht über die auch bei Spinnen von Graber andeutungsweise gesehenen „Mittelkerne“ ausgesprochen, und die ihm gelungene Tinction derselben (l. c. pag. 75) beweist für mich um so weniger, als ja auch jene ominösen „Ganglienzellkerne“ des Scorpionauges sich auf's Schönste färben lassen. Vielleicht haben wir es hier mit analogen Gebilden zu thun.

Weit kürzer können wir die andern Controversen erledigen.

Graber ist auch nicht damit einverstanden, dass ich früher gesagt habe, für einen directen Zusammenhang zwischen Stäbchen und Nervenfasern fehlen im Arthropodenaugen noch alle Indicien. Dass er selbst solche Indicien aufgefunden hätte, die sich mit einiger Aussicht auf Beachtung als solche ausgeben könnten, wird er doch kaum behaupten wollen; dass er aber auf Grund meiner eigenen Abbildungen mir die Berechtigung zu jenem Ausspruche streitig machen will, zeugt von einer Neigung zu Schlüssen, zu denen die Thatsachen nicht berechtigen. „Indicien“ nennen wir auf Deutsch „Anzeichen“; wenn die Stäbchen in vielen Fällen eine scharfe Abgrenzung nach hinten nicht erkennen lassen, sondern sich allmählig in dem Inhalt der zu ihnen gehörigen Zelle zu verlieren scheinen, so ist dies an sich noch kein „Anzeichen“ dafür, dass sie sich in eine, in das andere Zellenende eintretende Nervenfasern fortsetzen — um so weniger, wenn in andern völlig analogen Fällen eine scharfe Abgrenzung der Stäbchen nach hinten einem solchen Zusammenhang oder Uebergang entschieden widerspricht. Hier sind es diese negativen Instanzen, die das Urtheil über die ersteren, für sich indifferenten, bestimmen müssen.

Auch hinsichtlich der „praeretinalen Zwischenlamelle“, wie Graber eine von ihm aufgefundene Cuticula zwischen Glaskörper und Retina zu nennen vorschlägt, dürften einige einschränkende Bemerkungen wohl am Platze sein. Zuerst hat er sie bei den Scorpionen nachgewiesen, wo sie in der That durch ihre ansehn-

liche Stärke gar nicht zu übersehen ist; dann aber bei Spinnen, wo sie weit zarter und feiner auftritt. Auch bei diesen glaube ich ihn im Rechte; wenigstens haben meine neueren Beobachtungen, besonders an den Vorderrandaugen von *Lycosa* spec.¹⁾ mir wiederholt Bilder geliefert, die sich gut mit dieser Deutung vertragen, und es mir in der That und ganz ausnahmsweise gestatten, einer Graber'schen Berichtigung meiner eigenen früheren Beobachtungen zuzustimmen. Weniger aber kann ich seiner Neigung zu generalisiren beipflichten, denn er nimmt ohne Weiteres die Existenz dieser Membran in allen Stemmata's als erwiesen an. Bei den Augen der Wasserkäferlarven glaubt er a priori ihre Existenz voraussetzen zu dürfen, und in einer Note fügt er hinzu, dass er sie wirklich später auch aufgefunden habe (l. c. pg. 67). Ich muss gestehen, dass ich seiner Angabe, die ich selbst noch nicht nachprüfen konnte, bis dahin um so weniger Gewicht beimessen kann, als er ganz mit derselben Bestimmtheit die Existenz einer derartigen Cuticula auch bei Myriapoden behauptet, wobei er sie freilich an völlig unmöglichen Orten auftreten lässt. Ebensowenig glaube ich seine daraus gezogenen, aber nur andeutungsweise mitgetheilten Folgerungen als berechtigte anerkennen zu können, da die Genese des zweischichtigen Stemma aus der Hypodermis, auf welche die Analogieschlüsse hinweisen, auch mir noch völlig unklar und erst durch die direkte Beobachtung zu ermitteln ist.

Damit kann ich diesen Abschnitt beschliessen, obschon ich mich noch mit einer Reihe von Ansichten und Beobachtungen Grabers, sowohl in dem citirten Aufsätze als in dem über das Annelidenauge, im Widerspruche weiss. Nach dem von mir Vorgebrachten muss ich alle auf die Kernverhältnisse des Retinaelementes bezüglichen Angaben und Deutungen Grabers als völlig verfehlt betrachten, und kann nur in dem Nachweis einer Cuticula zwischen Retina und Glaskörper des Spinnenauges eine wirkliche Berichtigung finden.

1) Besagte *Lycosa*, eine grössere süddeutsche Art, zeigte mir, beiläufig bemerkt, auch, dass die von mir gegebene Darstellung der Stäbchenvertheilung der Vorderrandaugen nicht allen Arten dieser grossen Gattung zukommt. Bei ihr fand ich die Stäbchen nicht auf einen Theil der Retina beschränkt, wie meine Abbildung (l. c. Taf. III, Fig. 22) zeigt, sondern über die ganze Retina verbreitet, ähnlich wie beim entsprechenden Auge von *Epeira*.

II.

Die in der frühern Literatur über das Arthropodenaug zersstreuten spärlichen Notizen über das Sehorgan der Myriapoden¹⁾ speciell heranzuziehen, lohnt für unsern Zweck um so weniger der Mühe, als eine Vergleichung der neuern Resultate mit den früher gewonnenen keine Ergebnisse von irgend welchem Belang in Aussicht stellt. Auch eine Vergleichung der Ergebnisse mit den von Sograff²⁾ gewonnenen, die noch vor der Graber'schen Arbeit im Drucke erschienen sind, ist durch die aphoristische Fassung, in der sie bis jetzt vorliegen, kaum möglich. Während Graber eine besondere Besprechung der Augen von *Scolopendra*, *Lithobius* und *Iulus* für überflüssig hält, da sie mit den Stemmata der Spinnen und Insecten in den wesentlichsten Punkten übereinstimmen sollen, werden wir sehen, dass sie eine solche kurze Abfertigung doch nicht ganz verdienen. Auch Sograff findet von seinem Untersuchungsmaterial (*Scolopendra*, *Lithobius* und *Cermatia*), dass die ersteren beiden gänzlich mit den Augen der *Acilius*- und anderer Käferlarven, sowie mit den Spinnenaugen übereinstimmen, was doch wohl etwas schwer zu vereinigen sein dürfte, wenn man den tiefgreifenden Unterschied zwischen jenen beiden Augencategorien, auf den ich besonders aufmerksam machte, nicht unterschätzt.

Meine eigenen Untersuchungen erstrecken sich auf folgende Formen:

1. *Heterostoma australicum*
2. *Branchiostoma australicum*
3. *Cormocephalus foecundus*
4. " *gracilis*
5. *Scolopendra morsitans*
6. " *cingulata*
7. " *tahitiana*
8. " spec. (grosse Form aus Süd-America)
9. " spec. (kleine Form aus Corsica)
10. " spec. (dto. aus Florida)

1) Vgl. darüber: Milne Edwards, Leçons sur la physiologie etc. Vol. XII. 1876. pag. 240.

2) N. Sograff, Vorläufige Mittheilungen über die Organisation der Myriapoden. Zool. Anzeiger, II. Jahrg., Nr. 18, pag. 16. — 1879.

11. *Scutigera (Cermatia) araneoides* (aus Süd-Deutschland und aus Neapel)
12. *Lithobius forficatus*
13. *Iulus sabulosus*
14. *Glomeris* spec.

Die Nummern 1—5 und 7 verdanke ich dem Mus. Godeffroy, für Nr. 6, 8 und einige Exemplare von 14 bin ich der Güte des Herrn Dr. L. Koch in Nürnberg, für Nr. 9 und 10 Herrn Prof. R. Leuckart in Leipzig, für die *Scutigera* aus Neapel (Nr. 11), die vorzüglich conservirt waren, Herrn Dr. W. Spengel in Göttingen verpflichtet. Allen genannten Herren hier meinen wärmsten Dank!

Wie die vorstehende Aufzählung zeigt, ist trotz der Beschränktheit des Materials im Verhältniss zu dem überhaupt bekannten doch eine Reihe von Trägern verschiedener Ausbildungsstufen des Sehorgans Gegenstand der Untersuchung gewesen. Während die *Scolopender* bekanntlich jederseits nur 4 Stemmata aufweisen, steigert sich diese Zahl bei *Iulus*, *Lithobius* und *Glomeris* um ein Ansehnliches, so dass man hier von gehäuften Ocellen spricht; die *Scutigera* endlich besitzt eine so grosse Zahl von Einzelaugen, die sich so innig aneinanderfügen, dass man ihnen ein ächtes Facettenauge zuschreibt. Der Untersucher dieser Augenformen sieht sich deshalb einer Reihe von Fragen gegenüber, die zu lösen er versuchen muss, und zwar sowohl hinsichtlich des allgemeinen und speciellen morphologischen Baues, als auch des Leistungswerthes derselben. Da nachgewiesenermassen das Facettenauge der Insecten sich auf die gleiche morphologische Grundlage mit dem einfachen zurückführen lässt, so gilt diese Frage auch hier; da dort das Stemma nach Art des Vertebratenauges vermittelt Bildprojection, das Facettenauge aber nach der von J. Müller formulirten musivischen Weise sieht, so darf man dieser Frage auch hier nicht aus dem Wege gehen. Wenn diese Probleme, namentlich das letztere, auch hinsichtlich der am meisten divergirenden Typen der Reihe, der *Scolopender* mit nur 4 Augen jederseits am einen Ende, der *Scutigera* mit einem aus mehreren Hunderten von Facetten gebildeten zusammengesetzten Auge am andern Ende der Reihe, eine zweifellose, entscheidende Antwort in Aussicht zu stellen scheinen, so liegen doch eine Anzahl von Zwischenstufen vor, diejenigen mit gehäuften Ocellen, für welche eine Anticipation der Entscheidung zum mindesten sehr kühn wäre.

Bei diesen sind die paar Dutzend Augen zu gering an Zahl, um ohne Weiteres das Zustandekommen einer Gesichtswahrnehmung auf dem musivischen Wege behaupten zu können; zu gross wieder auf der andern Seite, um nicht den bekannten, von J. Müller gelegentlich so lebhaft betonten Einwand von der Unverständlichkeit eines Gesamtsehfeldes, zusammengesetzt aus einer der Augenzahl entsprechenden Anzahl von unter sich verkehrten Partialsehfeldern, wieder ins Gedächtniss zu rufen. — Wie sich Sograff bei seinen Untersuchungen diesen Fragen gegenüber gestellt hat, kann ich natürlich aus seinen Notizen nicht ersehen; wohl aber ist Graber ruhig darüber hinweggegangen. Stimmen die Myriapodenaugen, wie Graber meint, hinsichtlich ihres morphologischen Aufbaues durchgängig mit den Spinnen- und Insectenstemmaten soweit überein, dass man für erstere eine besondere Besprechung nicht mehr nöthig findet, so muss sich das hinsichtlich des aus ihren Formverhältnissen ableitbaren Leistungswerthes, ihrer optischen Functionen, wohl ebenfalls von selbst verstehen, und dann sind wir bei der zunehmenden Complication der Fälle bald ad absurdum, d. h. vor das völlig Unverständliche geführt.

Wie weit meine eigenen hier mitzutheilenden Beobachtungsergebnisse noch von einer nach allen diesen Seiten hin befriedigenden Lösung entfernt sind, weiss ich nur zu gut. Hier spielt auch stark das erreichbare Material herein. Unsere einheimische Fauna bietet an Myriapoden bekanntlich herzlich wenig, und dies Wenige stellt schon durch die geringe Körpergrösse und die dadurch bedingte Kleinheit der Augen, noch mehr aber durch die Schwierigkeiten, die sich einer zuverlässigen Resultate liefernden Erhärtungstechnik entgegenstellen, nicht geringe Anforderungen an die Geduld des Untersuchers. Die grössern Exoten aber sind nicht leicht und namentlich schwierig in einem Erhaltungszustand zu erhalten, der, statt allen möglichen Zweifeln Thür und Thor zu öffnen, die Bildung wenigstens einer subjectiven Ansicht zulässt. Unter diesen Umständen habe ich blos Formen hier zu besprechen gewagt, von denen mir eine grössere Anzahl von Exemplaren zur Verfügung stand, und nur diejenigen Ergebnisse als Thatsachen angeführt, die sich als die Resultate vielfacher und unter sich übereinstimmender Beobachtungen ergeben haben. Nur ganz ausnahmsweise haben vereinzelte, nur einmal gemachte Beobachtungen hier Aufnahme gefunden. — Die innegehaltene Reihenfolge ist eine willkürliche, lediglich dem allgemeinen Augenhabitus angepasste.

1. Augen der *Scolopendridae*.

Aus der Reihe der oben sub No. 1—10 genannten Vertreter dieser grossen Familie habe ich für die Schilderung in Wort und Bild nur eine kleine Anzahl ausgewählt, da der Bau der sämtlichen genannten von mir untersuchten Formen in den wichtigsten Zügen übereinstimmt, und nur innerhalb mässiger Grenzen Schwankungen beobachtet wurden. Taf. XX, Figg. 1—5, Schnitte durch verschiedene Augen darstellend, zeigen die Uebereinstimmung des Baues nicht minder, als die hier sich findenden Differenzen hinsichtlich der graduellen Ausbildung der einzelnen Theile. Allgemein ist hinter der geschichteten Cornealinse, deren Dicke meist nur wenig hinter dem aequatorialen Durchmesser zurückbleibt, der sog. „Glaskörper“ zu finden (Gk der Figg.), der, wie die Linse aus der Cuticula, seinerseits aus der die Cuticula ausscheidenden Hypodermis hervorgeht; ebenso allgemein findet sich hinter dem Glaskörper die mächtig entwickelte Retina, aus einer im Ganzen etwa halbkugeligen Ansammlung von Zellen (Rz) bestehend, die an dem einen Ende ein Stäbchen (St) tragen, an dem andern in eine Faser des Opticus sich fortsetzen. Umschlossen wird das Ganze durch eine innere Cuticula (Cu^I) von ansehnlicher Dicke, der nach aussen noch reichliches Pigment (Pg) aufgelagert erscheint.

Ueber die Linse kann ich einfach auf die Zeichnungen verweisen; sonst habe ich dem, was diese zeigen, nichts hinzuzufügen, als dass ich sie im Allgemeinen weicher und leichter schneidbar gefunden habe, als es sonst bei Chitinanhäufungen dieses Umfangs gewöhnlich ist.

Die Zusammengehörigkeit von Glaskörper und Hypodermis (Hy) ist nicht leicht anderswo so in die Augen springend zu sehen, wie gerade hier. Es fehlen hier nach meinen Erfahrungen nämlich die den Uebergang zwischen beiden vermittelnden Pigmentzellen, die in dem Stemma der Spinnen, Insecten und Insectenlarven als ein diaphragmatischer Ring den Einfall störenden Seitenlichtes abhalten; höchstens treibt das der Grenzcuticula aufgelagerte Pigment in der Peripherie unregelmässige Sprossen zwischen die Hypodermiszellen hinein (Taf. XX, Fig. 2, von *Scolop. takitiana*). Die unter der Cuticula gelegenen Hypodermiszellen gehen deshalb bei der Annäherung an die stark prominirende innere Linsenwölbung in rascher Richtungsänderung auf diese über,

wobei sie den von der Retina nicht bedeckten Seitentheilen der Linse noch ungefähr senkrecht aufsitzen, aber, je näher sie der Retina rücken, um so schräger sich inseriren, um schliesslich der innern Linsenfläche fast parallel zu streichen (vgl. bes. Fig. 2 [*Scolop. tahitiana*] und 4 [*Heterostoma australicum*]). Dabei nehmen die Zellen sehr rasch an Länge zu, und füllen den schmalen spaltenförmigen Zwischenraum zwischen Linse und Retina völlig aus. Uebrigens sind diese innersten Zellen durchaus nicht immer deutlich zu erkennen. Ich habe mehrfach sonst ganz gut erhaltene Präparate bekommen, bei denen die Retina der Linse ganz unmittelbar anzuliegen und der Glaskörper nur eine peripherische Zone um die letztere zu bilden schien (Fig. 1 von *Scolop. tahitiana*; Fig. 3 von *Cormocephalus foecundus*). Auch die Kerne sowohl der Hypodermis- wie der Glaskörperzellen waren nicht immer deutlich zu erkennen, doch habe ich sie genügend oft, und dann über allen Zweifel sicher so gesehen, wie sie die Figuren 2 (*Scol. tahitiana*) und 4 (*Heterostoma australicum*) wiedergeben, und es ergibt sich daraus, dass auch hierin, wie in der Richtung der Glaskörperzellen, ein gewisser Gegensatz gegen das Arachnidenstemma besteht, wo sie immer dicht vor dem innern Ende der Zelle liegen, während sie hier im Allgemeinen mehr die Mitte derselben innehalten.

Bei einzelnen Exemplaren mehrerer der untersuchten Species, die oben genannt sind, fanden sich bemerkenswerthe individuelle Abweichungen, die mir interessant genug erscheinen, um sie hier besonders zu erwähnen. Besagte Exemplare, die zugleich mit den andern in meinen Besitz gelangten, zeichneten sich vor der Mehrzahl der übrigen schon durch das blosse Aussehen, nicht minder aber auch beim Anfassen aus. Sie waren, statt hornbraun wie die übrigen, mehr grünlich tingirt, als ob sie zuerst in Chromsäure gelegen hätten, wofür aber sonst nichts sprach, ferner war das Integument weit weniger fest und resistent, sondern weich, biegsam, fast schlaff. Die vordere Hälfte eines Schnittes durch ein Auge eines so beschaffenen Exemplares von *Branchiostoma australicum*, Linse, Glaskörper und benachbarte Partien der Retina darstellend, zeigt Fig. 5. Hier fällt zunächst die ungemein geringe Dickenentwicklung der Linse auf, mit der übrigens auch die reducirte Leibescuticula vollständig harmonirt. Dafür besitzt der Glaskörper eine überraschende Mächtigkeit; seine Zellenlage bildet

eine hinter der Linse an Dicke nicht zurückbleibende, ja sie sogar an den Rändern noch um ein Beträchtliches übertreffende Schicht, die übrigens noch mehr als hierdurch durch die Richtung der Glaskörperzellen zur Linse gegen die vorhin beschriebenen Fälle contrastirt. Obgleich auch hier die centrifugale Richtung ihrer hintern Enden, besonders bei zu den peripherischen Linsentheilen gehörigen Zellen unverkennbar ist, stellen sich doch die der Linsenmitte aufsitzenden Zellen so sehr axial, dass dadurch im Gegensatz zu den als Norm anzusehenden andern Fällen hier eine continuirliche, in der Dicke nicht allzu variable Glaskörperlage zu Stande kömmt, die sehr an den Glaskörper im Arachniden- und Insectenstemma erinnert, und, wie wir sehen werden, der morphologischen Deutung des Ganzen eine nicht ohne Weiteres zu ignorirende Schwierigkeit in den Weg legt.

Eine Erklärung dieser auf den ersten Anblick frappirenden Anomalie glaube ich in Folgendem versuchen zu dürfen. Zunächst möchte ich nochmals ausdrücklich hervorheben, dass der geschilderte Befund blos ein paar Exemplaren verschiedener Species zukam, die anderen zahlreicheren Exemplare aber in keiner Weise von dem als normal angesehenen Verhalten abwichen. Ich halte es deswegen für das Wahrscheinlichste, dass die betreffenden Specimina kurze Zeit vor dem Einsammeln eine Häutung überstanden hatten, ihre Cuticularbildungen daher noch ziemlich weit von ihrer Ausbildung entfernt waren, wie die Reduction in ihrer Dicke nicht minder als ihre andere Färbung anzunehmen nöthigen. Damit stimmt denn auch die Verdickung der Hypodermis und besonders des Glaskörpers, dem die Linse ihre Entstehung verdankt, als auf eine gesteigerte secretorische Thätigkeit hinweisend vollständig überein; wie nicht minder der noch anzuführende Umstand, dass bei anderen Exemplaren mit etwas dickerer Cuticula und Linse sowohl Hypodermis als Glaskörper eine entsprechend geringere Entwicklung zeigten.

Die überall sehr massige, halbkugelige Retina besteht aus Zellen, die hinsichtlich ihres Baues in keiner Weise von den früher von mir beschriebenen Retinaelementen des Spinnen- und Insecten- auges abweichen. In den von mir untersuchten Fällen mag sich die Zahl derselben mindestens auf einige hundert belaufen, und die Zahl der Nervenfasern des Opticus, die, am der Linse entgegengesetzten Pole das Auge erreichend, eine becherartige Um-

hüllung um dasselbe bilden, um sich mit ihnen zu vereinigen, ist sicher eine ebenso ansehnliche. Die Zellkörper sind intensiv braun pigmentirt, ganz oder nur theilweise (*Scolop. tahitiana*, Fig. 1, 2); die zugehörigen Stäbchen sind überall pigmentfrei und auch nicht durch Pigmentscheiden von einander getrennt. Der körnige Farbstoff der ersteren wird durch verdünnte Mineralsäuren nur schwierig und unvollständig gelöst, aber geröthet (Fig. 4); Aetzkali, in genügender Verdünnung darauf einwirkend, entfernt ihn am besten. — Die Retinazellen sind cylindrisch oder prismatisch, oft auch etwas spindelförmig aufgetrieben, mit einem einzigen, runden, in den meisten Fällen (aber nicht immer) deutlichen Kern an demjenigen Ende, in welches die Nervenfasern eintritt; immer sind sie scharf und bestimmt von einander abgegrenzt. Ihr relatives Grössenverhältniss zum Stäbchen ist bei den verschiedenen Formen schwankend, und bestimmt, wie ein Blick auf meine Zeichnungen lehrt, hauptsächlich den Habitus der Schnitte durch die Augen; wo, wie bei *Heterostoma australicum* (Fig. 4) sich längere Zellen finden, sind die Stäbchen kurz, und umgekehrt gehören zu längeren Stäbchen kürzere Zellen (vgl. Fig. 1, von *Scol. tahitiana*¹⁾, Fig. 3 von *Cormocephalus foecundus*, Fig. 5 von *Branchiostoma australicum*). Das meist aus runden Körnern bestehende Pigment scheint, wenn das in Fig. 6 dargestellte Verhalten von *Cormocephalus gracilis* (Querschnitt durch die Retinazellen) als das normale angesehen werden darf, in der Mantelfläche der Zellen abgelagert zu sein, und die innern Theile derselben freizulassen.

Sehr schwierig finde ich das Studium der zu den Retinazellen gehörigen Stäbchen, trotz ihrer meist ansehnlichen Grösse, weil der Erhaltungszustand derselben meistens in den Spiritus-exemplaren, wie sie uns zu Gebote stehn, viel zu wünschen übrig lässt. Die Abgrenzung derselben gegen die Retinazellen bietet der Beobachtung nirgends Schwierigkeit, da sie überall scharf und bestimmt ist; da die Grenzlinien aller in das gleiche Niveau fallen, so lässt sich überall (auch wo wie bei *Scol. tahitiana* nur der auf die Opticusfaser-Insertion folgende Zellentheil pigmentirt ist, Fig. 1, 2) die Stäbchenregion mit voller Sicherheit feststellen. Bei der Mehrzahl der untersuchten Exemplare scheinen sie Ver-

1) Bei Fig. 2, ebenfalls von *Scolop. tahitiana*, sind die Stäbchen (St.) nicht in ihrer ganzen Länge ausgezeichnet.

änderungen erlitten zu haben, die der Untersuchung wenig günstig sind, vor Allem hinsichtlich ihres Lichtbrechungsvermögens, das sich meist als sehr schwach (verglichen mit dem in andern Arthropodenaugen) herausstellte. Am störendsten war aber jedenfalls die Verkittung derselben zu einer gestreiften Masse, innerhalb deren sich die Conturen der Einzelstäbchen schwer oder gar nicht verfolgen, kurz, nähere Details über ihren eigentlichen Bau nicht gewinnen liessen (vgl. Figg. 1—3, *Scol. talitiana* und *Cormocephalus foecundus*). In andern Fällen gestaltete sich die Sache in sofern günstiger, als sich die Stäbchen mit voller Bestimmtheit als von einander isolirte, stark lichtbrechende cylindrische Bildungen constatiren, und so die aus dem obigen Befunde sich erhebenden Zweifel an ihrer Stäbchennatur beseitigen liessen (vgl. Fig. 4, *Heterostoma australicum* und Fig. 5, *Branchiostoma australicum*, St.). Am günstigsten aber für die Untersuchung erwiesen sich die oben besprochenen Exemplare mit dünner Cuticula und Linse, wohl weil bei ihnen das schwächere Integument ein leichteres und rascheres Eindringen des Alkohols und dadurch eine bessere Conservirung ermöglichte. Bei diesen habe ich mehrfach das Verhalten beobachten können, welches die Fig. 7 für *Cormocephalus gracilis* versinnlichen soll; die Abbildung zeigt Querschnitte durch eine Anzahl Stäbchen bei sehr starker Vergrößerung, und es resultirt daraus, dass die Stäbchen rundliche Röhren sind, von einem ansehnlichen, gegen das freie Ende hin sich verjüngenden Lumen durchsetzt, das den zugehörigen Retinazellen durchaus fehlt. Eine Zusammensetzung der Stäbchen aus longitudinal zusammengefügteten Stücken, wie sie sonst, im Spinnenstemma namentlich, vorkommt, konnte hier nicht beobachtet werden.

Eine besondere und wichtige Eigenthümlichkeit der Retina ist nun noch nicht zur Besprechung gekommen, nämlich die ungewöhnliche Richtung der Retinaelemente im Verhältniss zur Augenaxe. Vergleichen wir ein Myriapodenaugen von dem uns jetzt beschäftigenden Bau mit den von mir l. c. abgebildeten Spinnen- oder Insectenaugen, so ergibt sich eine ganz auffällige Abweichung zwischen beiden dadurch, dass bei den letzteren im Allgemeinen die Längsaxe des Retinaelements gegen den optischen Mittelpunkt der Linse gerichtet ist, während sie hier nahezu oder völlig parallel der Ebene des Linsenaequators verläuft; ja es kann sogar soweit kommen, dass (wenigstens bei den vordersten Stäbchen)

die Spitze derselben weiter nach hinten liegt, als der mit der Retinazelle verwachsene Basaltheil. Die Bedeutung dieser eigenthümlichen Lagerung für die Schätzung des physiologischen Leistungswerthes der Augen werden wir später zu discutiren haben; hier handelt es sich um die Constatirung des Factums. Diese Anordnung bedingt es auch, dass die einander gegenüberliegenden Stäbchen, wie die Figg. 1, 3—5 zeigen, mit ihren Spitzen sich berühren, während ihre Axen mehr oder weniger genau in eine Linie zusammenfallen, was freilich nicht überall gilt, wie dieselben Figuren ausweisen; Längsschnitte zeigen deshalb gerade oder im Zickzack verlaufende Trennungslinien; an zuweilen beobachteten Querschnitten treten hingegen meist dreistrahlige Spaltenräume im Innern auf.

Hier mag auch der zur Beobachtung gelangten einzelnen Formen zukommenden Besonderheiten gedacht werden, auf die ich aber, da ich nicht weiss, wie viel davon dem jeweiligen Erhaltungszustand zuzuschreiben ist, kein allzugrosses Gewicht legen möchte. Zunächst fällt die verschiedene Beschaffenheit der Retina in der Gegend des Eintritts der Sehnerven auf. Bei *Scolopendra tahitiana* zeigt das Pigment dort eine eigenthümliche Ausbuchtung (vgl. Fig. 1) gegen den Opticus hin, wodurch eine schmale spaltenförmige Einziehung angedeutet wird, in der ich wohl noch die Retinazellen, aber keine zu ihnen gehörigen Stäbchen mehr habe nachweisen können. Hinsichtlich der letzteren Punkte stimmt *Heterostoma australicum* (Fig. 4) damit überein, aber von einer Ausbuchtung der Retina kann man nicht mehr reden. — Gerade umgekehrt zeigt *Cormocephalus foecundus* (Fig. 3) sowie *C. gracilis* an besagter Stelle eine Art von papillenartiger Vorragung der Retina, deren freie, ebenfalls stäbchenlose Zellenenden die Stäbchen ihrer seitlichen Nachbarn, die je weiter nach hinten um so kürzer werden, sozusagen nach vorn drängen. — Aufmerksam möchte ich ausserdem noch auf *Heterostoma australicum* machen wegen der auffallenden Längendifferenzen der Stäbchen in den verschiedenen Zonen des Auges (Fig. 4). Die kurzen Retinazellen zunächst am Glaskörper tragen sehr lange Stäbchen; weiter nach hinten kehrt sich das Verhältniss ziemlich plötzlich um, so dass die Stäbchen, weiter vorn $2\frac{1}{2}$ —3mal so lang wie ihre Zellen, hier sich auf die Hälfte der Länge der letzteren, selbst noch weniger verkürzen.

Den das Auge versorgenden Nervus opticus (Op der Figuren) fand ich immer sehr stark und gut entwickelt, aus sehr zahlreichen

Fasern bestehend, die sich mehr oder weniger deutlich in Bündel gruppieren. In mehreren Fällen wurden zahlreiche im Opticus gelegene Kerne beobachtet. — Die Opticusfasern treten beim Eintritt in das Auge becherförmig aneinander, ziehen über die Retinazellenschicht in nach vorn an Dicke abnehmender Lage hin, und biegen gewöhnlich ziemlich plötzlich, oft fast rechtwinklig nach den Zellen hin ab. Ihre Verbindung mit den letzteren konnte nicht mit genügender Schärfe beobachtet werden; doch liegt kein Grund zu der Annahme eines andern als des bei den übrigen Arthropodenaugen beobachteten Verhaltens vor.

Die das Auge umhüllende Cuticula (Cu^I) zeichnet sich bei den Scolopendriden durch eine auffallende Dicke aus. Sie setzt sich sowohl auf den Opticus, als auf die innere Fläche der Hypodermiszellen der Augenumgebung fort, und lässt bei starken Vergrößerungen, namentlich bei Kali-Präparaten, deutliche Schichtung erkennen (Fig. 8, Cu^I , von *Heterostoma australicum*). — Schliesslich habe ich noch des die äussere Augenoberfläche umhüllenden Pigmentes zu gedenken. Dasselbe ist in mehr oder weniger dicker Masse angehäuft, am dicksten gemeiniglich an der Linsenperipherie, wo es auf die Innenseite der Hypodermis übergeht, auch unregelmässige Sprossen zwischen ihre Zellen treiben kann (Fig. 2, *Scolop. tahitiana*, Pg), Ueberall fand ich es intensiv schwarzblau, mit Säuren sich röthend (Fig. 4), mit Kali sich schön indigoblau lösend. — Auch auf den Opticus setzt es sich meist eine Strecke weit fort, aber nicht in continuirlicher Lage, sondern in unregelmässigen Längs- und Querzügen (Fig. 1). Das körnige Pigment ist in dicht aneinandergelagerten Zellen eingeschlossen, die der Cuticula fast wie ein Epithel aufrufen (Fig. 8, Pg, von *Heterostoma australicum*); einige gut erhaltene Präparate mit Flächenansichten der Pigmentzellen zeigten diese als stark in der Querrichtung des Auges verlängert.

Indem ich hiermit diese Schilderung des Scolopendridenauges schliesse, brauche ich wohl kaum darauf hinzuweisen, wie wesentliche Differenzen sie gegen die Graber'sche Darstellung derselben Augenform (die von Sograff lasse ich als zu aphoristisch hier ausser Betracht) darbietet. Graber zeichnet den Glaskörper irrtümlich als eine einfache Lage epithelialer gleichlanger und radiär zum Linsencentrum gestellter Zellen wie bei den Arachniden (l. c. Taf. VI Fig. 17). Auch ist ihm die ganz auffallende

Richtungsdifferenz der Retinaelemente mit ihren Stäbchen, die er parallel der Augenaxe streichen lässt, statt annähernd senkrecht darauf, augenscheinlich völlig entgangen. — Die Stäbchen sind nach ihm von einem pigmentirten „Endschlauch“ bis an ihr Ende umgeben (Fig. 18 l. c.), von dem ich keine Kenntniss habe; dass die unvermeidlichen drei Kerne des „Retinastrahls“ nicht fehlen, versteht sich fast ebenso sehr von selbst, wie dass ich meinerseits nur den einen derselben, den von ihm sog. „Ganglienzellenkern“, der mit dem von mir gezeichneten übereinstimmt, als existenzberechtigt anerkennen kann. Auch hier findet Graber eine Cuticula zwischen Retina und Glaskörper, von der ich meinerseits nichts zu sehen bekommen habe. Dagegen kann ich seiner Angabe, dass unter der das Auge äusserlich umschliessenden Cuticula die Kerne der sie abscheidenden Matrix liegen sollen, bedingungsweise zustimmen, da ich einigemal Andeutungen von solchen gesehen zu haben glaube, freilich nicht mit der Sicherheit, um jeden Zweifel auszuschliessen.

2. Augen von *Lithobius*.

An die Augen der Scolopendriden scheinen sich mir, trotz mancher gewichtigen Differenzen, von den hier überhaupt in Frage kommenden die von *Lithobius* am nächsten anzuschliessen. Bekanntlich sind sie jederseits in beträchtlicherer Anzahl vorhanden (einige 30) und in engerer Gruppierung, so dass sie zu den aggregirten oder gehäuften Punktaugen gezählt zu werden pflegen. Die Einzelaugen sind unter sich nicht völlig gleich gross; auffällig ist freilich nur die überwiegende Grösse der jederseits am meisten nach hinten gelegenen. — Ihr Studium fand ich besonders schwierig, weil die Weichtheile sich nicht leicht so härten lassen, dass man den Beobachtungen volles Vertrauen schenken darf.

Die Augen stehen auf einer mässig gewölbten Fläche so angeordnet, dass ihre Axen, denen der Einzelaugen eines facettirten analog, unter sich Winkel bilden. Zwischen den fast völlig kreisrunden Linsen erhalten sich Cuticularstreifen, die, gleich dem übrigen Integumente, oberflächlich intensiv tingirt sind; diese Streifen sind von Porenkanälen durchsetzt, die mit langgestreckten, die Zwischenräume zwischen den einzelnen Augen erfüllenden Drüsenzellen (Dr Fig. 9) in Verbindung stehen. Nach innen zu ist die

Augenregion durch ein cuticulares Septum, welches von den Opticusfaserbündeln durchbohrt wird, abgegrenzt.

Einen Längsschnitt durch zwei Einzelaugen eines ziemlich kleinen Exemplares zeigt die Fig. 9; derselbe ist mit verdünnter Salzsäure in der Art seines Pigmentes beraubt, dass die Kerne durch das in Lösung übergeführte Pigment sich tingirten; Fig. 10 stellt einen (etwas schematisirten) Querschnitt durch die Weichtheile zwischen Linse und Retina dar.

Die Linsen sind schön biconvex, mit etwas stärkerer innerer Wölbung. Die Weichtheile bilden einen kurzen, hinten abgerundeten überall pigmentirten Cylinder, dessen Länge meist etwas die Dicke übertrifft, zuweilen aber auch um ein Geringes hinter ihr zurückbleibt. Vergebens sehen wir uns hier nach einem Glaskörper um, wie wir ihn bei den Scolopendriden fanden. An der äussersten Linsenperipherie findet sich ein Kreis kleiner Pigmentzellen (Pg Fig. 9), welche die Zwischenräume zwischen den einzelnen Linsen überziehen. An sie schliesst sich nach innen, gegen die Augenaxe hin, ein Kranz grosser prismatischer Zellen an, die, keilförmig gestaltet, sich zu einem dickwandigen, durch und durch pigmentirten Hohlcylinder zusammenfügen, und der innern Linsenwölbung derart aufsitzen, dass nur durch eine die Linsenaxe einschliessende Calotte Licht in das pigmentfreie Innere des Auges eindringen kann (HZ Fig. 9, 10). Der Binnenraum dieses Hohlcylinders ist in einer höchst eigenthümlichen, mir sonst nirgends bei Arthropodenaugen bekannt gewordenen Weise ausgefüllt; nämlich durch sehr zahlreiche, feine, von den innern Zellenrändern ausgehende und senkrecht zur Augenaxe gerichtete Haare von ziemlich geringem Lichtbrechungsvermögen, die freilich im Leben wohl zu einer optisch homogenen Masse zusammengebacken sein dürften. Die Abgrenzung der Zellen gegen ihren Haarbesatz ist ziemlich scharf, aber etwas ausgezackt; die Haare selbst leicht wellig gebogen. Dass es wirkliche Häärchen sind, das sieht man besonders evident an ihren punktförmigen optischen Querschnitten, wenn ihre Richtung in die optische Axe des Mikroskops fällt. — Die sehr deutlichen grossen Kerne dieser Zellen liegen in oder etwas hinter ihrer Mitte nahe am Aussenrande. Zu Fig. 10, die einen Schnitt durch diese Zellen darstellt, habe ich zu bemerken, dass sie nach unvollständigen Schnitten, deren ich eine ziemliche Anzahl gesehen habe, ergänzt ist. Die Zahl der Zellen darin

dürfte für die Mehrzahl der Augen etwas zu gross ausgefallen sein, und eher den grösseren Augen an der hintern Grenze des Complexes entsprechen, wo die Elemente numerisch stärker vertreten sind.

Den hintern Theil des Auges bildet wieder die halbkugelige, hier nur von einer geringen Zahl von Zellen (einigen zwanzig nach meiner Schätzung) gebildete Retina, deren Elemente durch und durch rothbraun pigmentirt, gegen die Linse hin scharf abgegrenzt, pyramidal gestaltet und nach hinten verjüngt sind; hier gehen sie sehr deutlich (wenigstens die mittleren) in je eine Faser des Opticus über (vgl. Fig. 9, R z). Uebrigens sind sie unter sich gleichlang, und ihre sehr deutlichen Kerne stimmen nach Form und Lage mit denen der Haarzellen, die wir vorhin besprochen haben, so überein, dass man sich der Vermuthung nicht entschlagen kann, die beiderlei functionell so weit von einander getrennten Gebilde seien nur Modificationen ein und derselben Grundlage, wie ich es schon früher (l. c.) für die entsprechenden Theile der Augen von Schwimmkäferlarven darzuthun versucht habe. Zwischen ihren vordern Endflächen und den haarartigen Fortsätzen der vordern Zellenlage findet sich ein etwa halbkugelig pigmentfreier Hohlraum, in welchem die zugehörigen Stäbchen liegen. Ueber diese etwas Befriedigendes auszusagen bin ich freilich ausser Stande, da die Erhaltung und Untersuchung derselben Schwierigkeiten begegnet, die kaum zu besiegen sind. Man kann Dutzende von Exemplaren untersuchen ohne etwas zu finden, was nur irgendwie an die anderwärts so bestimmt charakterisirten Stäbchen erinnerte, und doch spricht alle Wahrscheinlichkeit dafür, dass sie, wenn sie nicht überhaupt völlig fehlen, gerade hier in diesem Raume und im Zusammenhang mit den so deutlich in Nervenfasern auslaufenden Zellen sich finden müssen. Aber in dem besagten Hohlraum zeigt sich meistens, ausser blassen und unregelmässigen Körnchen, so gut wie nichts, was Aehnlichkeit mit Stäbchen hätte. Indessen hat mir Geduld, vielleicht auch der Zufall, wenigstens soweit geholfen, dass ich nicht nur die Anwesenheit von Stäbchen gerade hier wahrscheinlich machen, sondern auch über ihre ungefähre Lage, Grösse und Form wenn auch nur unbestimmte und unsichere Anhaltspunkte bieten kann. Was ich hierüber gesehen habe, ist in Fig. 9 (St) niedergelegt, die ich so gut es anging nach einer Reihe von unter sich übereinstimmenden Präparaten entwarf. Man

erkennt radiäre Trennungslinien, sehr zart und unbestimmt zwar, aber doch deutlich, die mit den Begrenzungen der Retinazellen correspondiren. Durch ihre Convergenz nach vorn müssen die durch sie markirten Stäbchen conisch, besser wohl pyramidal geformt sein; die blassen Granulationen sind zuweilen in undeutlichen Querreihen angeordnet, so dass man unwillkürlich an jene so vielfach besprochene „Plättchenstruktur“ erinnert wird. Damit ist aber so ziemlich Alles erschöpft, was ich darüber sagen kann, und man sieht leicht, dass die Hauptsache noch erst zu lösen ist.

Endlich habe ich noch einiger Zellkerne zu erwähnen, die ich zwar nur in einigen Fällen, in diesen aber mit genügender Sicherheit constatiren konnte. Sie liegen hinter der Linse, auf ihrer höchsten Wölbung flach ausgebreitet und ziemlich nahe aneinander (K Fig. 9); in Flächenansichten konnte ich an tingirten Präparaten einigemal übereinstimmend fünf derselben zählen. Trüben mich meine Erinnerungen nicht, so waren es meist kleinere, noch nicht ausgebildete Thiere, bei denen ich sie am besten constatiren konnte, womit ich übrigens nicht behaupten will, dass sie bei ausgewachsenen fehlen. Ueber ihre Bedeutung Vermuthungen zu äussern scheint mir z. Z. noch unstatthaft. — Ferner ist noch zu bemerken, dass auch hier jedes Auge für sich noch von einer zarten, sich auf den Opticus fortsetzenden Cuticula (Cu^I, Fig. 9) umhüllt ist.

Bei einer Vergleichung meiner Resultate mit denen Graber's beschränkt sich die Uebereinstimmung zwischen uns auf die allgemeine Form des Auges und auf die Linse; alles Andere weicht soweit von einander ab, als ob wir himmelweit von einander verschiedene Thiere untersucht hätten. Er zeichnet einen „aus sehr breiten Pflasterzellen bestehenden Glaskörper“ über die innere Linsenwölbung (l. c. Taf. VI Fig. 24), von dem ich keine Kenntniss habe; er lässt die Stäbchen parallel der Augenaxe bis gegen die Linse heranreichen, und versieht sie mit „Endschläuchen“ (ez seiner Fig.) — kurz, von dem, was ich hier beschrieben habe, hat er ebensowenig gesehen, wie ich etwas von dem, was er fand, wiederzufinden im Stande war. Wer der Wahrheit näher gekommen ist, wird ja wohl die Zukunft entscheiden.

3. Augen von *Iulus*.

Die Augen unserer einheimischen *Iulus*-Arten gehören wie die vorhin besprochenen gleichfalls unter die sog. gehäuftten Punktaugen; damit scheint aber auch, wenn wir gute Schnitte beider Formen vergleichen, die Aehnlichkeit erschöpft zu sein. Es finden sich in der That hier recht gewichtige Unterschiede, die durch die systematischen Differenzen wenigstens theilweise begreiflich erscheinen.

In Fig. 11 habe ich Durchschnitte durch zwei solcher Augen abgebildet; das eine (1) nach vollständiger Pigmentzerstörung durch Säure, das andere (2) beim ersten Beginn der Einwirkung derselben. Das Pigment hat sich hier gerade soweit gelockert, dass die von ihm verdeckten Theile in ihren allgemeinen Umrissen kenntlich hervortreten.

Die Cornealinsen, die auf diese Bezeichnung, wie die Fig. 11 (L) zeigt, keinen Anspruch erheben können, erinnern in ihrer allgemeinen Form auffallend an die von mir früher beschriebenen Bildungen der Cornea bei *Limulus* (l. c. Taf. XI, Fig. 123). Nach aussen hin ist kaum oder gar nicht von einer Wölbung zu reden; hervorzuheben wäre hier nur eine leichte Verdickung der scharf abgesetzten äussersten Cuticularlage von im allgemeinen linsenartiger Configuration. Nach innen springen sie dafür um so mehr vor, und zwar als massige conische Zapfen mit abgestutzter Endfläche, die meistens, aber nicht immer, eine leichte, selten regelmässige linsenförmige Wölbung zeigt. Wie die ganze Cuticularhülle des Thieres sind sie durch und durch verkalkt, und bedürfen, um schnittfähig zu werden, einer vorsichtigen Auslaugung durch Säuren.

Die Mantelflächen dieser Coni sind von Zellen (Pg Fig. 11) umgeben, die namentlich nach dem Kegel zu starke Pigmentmassen aufgespeichert enthalten. Diese Zellen scheinen ebenfalls, wie die analog gelegenen haartragenden Zellen von *Lithobius*, nur einen einfachen Kranz um den Kegel zu bilden, d. h. unter sich und mit dem Kegel gleiche Länge zu haben; doch lässt sich dies nicht mit voller Sicherheit aus meinen Präparaten behaupten. Die grossen Kerne sind mit Leichtigkeit nachweisbar.

Hinter der freien Endfläche des Kegels schliessen sich an diese Zellen die ebenfalls stark pigmentirten Retinazellen an,

die in Form und Anordnung, wie Fig. 11 (Rz) lehrt, so sehr mit den bei *Lithobius* beschriebenen übereinstimmen, dass eine specielle Darstellung überflüssig erscheint.

Auch hier habe ich mehrfach, wenn auch nicht so oft und so unzweifelhaft wie bei *Lithobius*, den Uebergang je einer Faser des Opticus in eine solche Zelle erkennbar genug constatiren können. Ebenso scheinen sie numerisch ungefähr mit jenen übereinzustimmen. — Ganz abweichend verhalten sich jedoch die zugehörigen Stäbchen, für die ich überhaupt, ausser bei der nachher zu besprechenden *Glomeris*, kein Analogon bei den Arthropoden kennen gelernt habe. In der Abbildung habe ich zwei gleich häufig vorkommende Ansichten, in denen sich die Stäbchen zu präsentiren pflegen, nebeneinander vereinigt; die anscheinend so verschiedenen Formen des Auftretens, wie sie die mit 1 und 2 bezeichneten Augen der Fig. 11 zeigen, erklären sich leicht aus der Vergleichung mit Fig. 12, welche diese Region im Querschnitte zeigt, und aus der sich jene Bilder als Schnitte das eine Mal der Länge, das andere Mal der Quere nach durch die ovale Stäbchenlage herausstellen. — Die Einzelstäbchen sind hier relativ stärker lichtbrechend und weit resistenter als bei *Lithobius*, also auch weit leichter wahrzunehmen; sie sehen aus wie kurze, starre, dicht aneinanderliegende Borsten, und auch auf ihren optischen Querschnitten erkennt man ohne besondere Schwierigkeit das auch bei sehr starken Vergrößerungen noch sehr feine und zarte Mosaik derselben. Sie erscheinen meist zu einzelnen streifenförmigen Bündeln in longitudinaler Anordnung vereinigt, doch könnte dies möglicherweise Kunstprodukt sein. Das Wichtigste aber ist die Thatsache, dass die Zahl dieser Stäbchen die der Retinazellen um ein Bedeutendes, ja um das Vielfache übertrifft, eine ganze Anzahl der ersteren also auf je eine der letzteren kommt, so dass man das Verhalten der Stäbchen zu ihren Zellen am ehesten mit dem büstenartig modificirter Haare eines Flimmerepithels zu ihrem Substrate vergleichen könnte. — Ferner ist noch auf die horizontale Richtung der Stäbchen, die ganz mit der bei den *Scolopendriden* hervorgehobenen übereinstimmt, hinzuweisen. Wohl finden sich öfters, doch nicht immer, im Grunde des von den Stäbchen eingenommenen Raumes dem Lichte entgegengerichtete, diese treten aber vor der Masse der übrigen, die vor ihnen liegend sie völlig bedecken, bedeutend zurück.

Endlich wären noch besondere der Retina aufgelagerte Pigmentzellen zu erwähnen. In dem noch mit Pigmentirung versehenen Auge 2 der Fig. 11 sind schmale Pigmentzüge angegeben, die, aus der Hauptmasse des Pigmentes anscheinend heraustretend, sich gegen die Opticus-Insertion hin ausdehnen; in entfärbten Augen sind diese Streifen verschwunden, doch erkennt man dafür in analoger Anordnung lange spindelförmige Kerne (Pg^I Fig. 11, 1), die ich um so mehr auf jene Pigmentstreifen zurückführen muss, als sie mit den Kernen der Retinazellen, wie dieselbe Figur zeigt, nichts gemein haben. In den Fig. 12 gezeichneten Querschnitten war, da Manches hier zu wünschen übrig liess, von diesen Kernen, resp. Zellen nichts zu erkennen; doch habe ich seither deutlich sie auch an analogen Präparaten auffinden können. — Weitere Pigmentzellen finden sich zwischen den Basen der Linsenkegel an der Cuticula.

Eine stärkere Cuticula, von den Opticusästen durchbohrt, grenzt auch hier den Augencomplex nach innen vom Ganglion opticum etc. ab; eine sehr feine Cuticula umhüllt die Einzelaugen und die Opticusäste.

Auch von den Augen dieser Thiere hat Graber bildliche Darstellungen gegeben, deren Genese mir völlig unbegreiflich ist (l. c. Taf. VI, Fig. 21. 22). Er zeichnet die ganzen inneren Kegelprotuberanzen als von einer doppelten Zellenlage umschlossen; die innere, einem Pflasterepithel nach seiner Zeichnung vergleichbare, soll ein Glaskörper sein, die äussere eine Retina mit Ganglienzellkernen und Stäbchen, beide durch eine Cuticula von einander getrennt.

4. Augen von *Glomeris*.

Die Augen von *Glomeris* nehmen hinsichtlich des äusseren Habitus eine Art von Mittelstellung zwischen denen von *Lithobius* und von *Iulus* insofern ein, als sie mit ersteren die Configuration der Linse, mit letzteren die der Retina in den wesentlichsten Merkmalen theilen (vgl. Fig. 13). Ich kann mich um so mehr auf eine kurze Besprechung derselben beschränken, als das von mir verarbeitete Material weder sehr reichlich, noch hinsichtlich seiner Erhaltung ein besonders günstiges war, und ich deshalb auch nicht im Stande bin, für die Vollständigkeit und Correctheit meiner

Beobachtungen in dem Grade einzutreten, wie bei den andern Gattungen.

Die ungleich grossen Einzelaugen stehen ansehnlich weiter von einander ab, als bei *Lithobius* und *Iulus*. Die schön sphärisch gewölbten Linsen derselben prominiren nach aussen wie nach innen beträchtlich, und sind, wie bei letzteren, mit dem ganzen Integumente verkalkt. Ein besonderer Glaskörper scheint ebenso wie bei den beiden Gattungen zu fehlen, wenigstens habe ich an meinem Materiale nicht das Geringste von einem solchen wahrnehmen können. Die abgerundet kegelförmige Retina, wie bei *Iulus* namentlich an der Stäbchengrenze stark pigmentirt (Fig. 13, 2), besteht aus einer ziemlichen Anzahl meist horizontal gelagerter, deutlich gekernter Zellen, von denen sich die vordersten stäbchenlosen der Linse seitlich anlegen (Fig. 13, 1). Auf ihrer Aussenseite ist die Lage der Retinazellen von der becherartigen Ausbreitung der Fasern des Opticus umgeben; letztere sind durch eine zarte Cuticula von den spindelförmigen Pigmentzellen (Pg), die in der Umgebung der Einzelaugen sich finden, abgegrenzt.

Wie aus Fig. 13 hervorgeht, sind die Stäbchen dicht hinter der Linse und fast genau so angeordnet, wie sie in dem Auge 2 Fig. 11 von *Iulus* erscheinen; nur ist, entsprechend der grössern Tiefe der Retina bei *Glomeris*, der von der Stäbchenmasse gebildete Zapfen um ein beträchtliches grösser als dort, und zeigt ausserdem an der Berührungstelle mit der Linse eine basale Verbreiterung. — Die Stäbchen selbst sind mir hier weit weniger selbständig erschienen als bei *Iulus*; sie scheinen blos in der Gestalt der zart quergestreiften Säume aufzutreten, wie ich sie in der Zeichnung wiederzugeben versuchte. — Unter den wenigen befriedigenden Schnitten, die mir gelangen, habe ich keinen zu Gesicht bekommen, der dem von *Iulus* Fig. 11, 1 abgebildeten entsprochen hätte; doch deutete öfters eine Einstellung in die Tiefe auf eine weitere Erstreckung der Stäbchen im Sinne jener Figur. Den in Fig. 14 abgebildeten Querschnitt durch ein solches Auge von *Glomeris* möchte ich nicht gerade als einen Beleg für jene Ansicht ausgeben, da er ebensowohl ein Schrägschnitt sein kann; er wurde gezeichnet, weil er an einigen Stellen deutlicher als Fig. 13 die zu den einzelnen, durch Pigmentanhäufungen kennlichen Zellen gehörigen Stäbchenantheile wahrnehmen liess.

5. Auge von *Scutigera* (*Cermatia*).

Ein Sehorgan von besonderem Interesse ist das der genannten Gattung deshalb, weil es von aussen wie von innen betrachtet in seinem Gesamthabitus durchaus den Eindruck eines zusammengesetzten Auges, wie solche den Insecten und Crustaceen zukommen, macht, ohne sich doch auf jene zurückführen zu lassen. Dies gilt sowohl hinsichtlich seiner Architectur im Ganzen, weil es als aus einer Anhäufung einer beträchtlichen Anzahl von Einzelaugen hervorgegangen betrachtet werden muss, wie auch hinsichtlich seiner Function, weil, wie dort, die Einzelleistung der Componenten für sich der Gesamtleistung durchaus untergeordnet erscheint.

Aeusserlich machen die Augen von *Scutigera* ganz den Eindruck ächter Facettenaugen; sie sind nämlich rundlich dreieckig, von mässiger sphärischer Wölbung, und mit zahlreichen (einigen Hunderten) sich dicht berührenden 5—6 eckigen Einzelfacetten, deren zugehörige Weichtheile radiär nach aussen divergirend angeordnet sind; sie weisen mit einem Worte alle jene Bedingungen secundärer Natur auf, die ich in meinem Buche (l. c. pg. 2) für das Insecten- und Crustaceenaugen hinsichtlich ihrer physiologischen Bedeutung discutirte. Völlig eigenthümlich ist aber ihr innerer Bau, ebenso abweichend von dem der Insecten- und Crustaceenaugen, wie das Facettenauge von *Limulus* (vgl. l. c. pag. 125 u. ff. Taf. XI Fig. 123—126), mit dem sie, beiläufig bemerkt, auch keine nachweisbare nähere Verwandtschaft zeigen.

Die ziemlich dünnen Cornealinsen (Lf Fig. 15, 17) zeigen nach aussen eine mässige Convexität; nach innen fand ich sie individuell verschieden, bald ganz flach convex, bald ganz eben, und wieder in anderen Fällen selbst leicht concav. Ihr dichter Anschluss an einander, wie überhaupt ihr ganzer Bau, erinnert durchaus an das typische Facettenauge.

Nicht minder übereinstimmend mit dem ächten facettirten Auge scheinen auf den ersten Anblick die hinter den Cornealinsen gelegenen Weichtheile zu sein. Man glaubt einen zwar etwas grossen, sonst aber nicht gerade abnormen Krystallkegel hinter jeder Linse, hinter diesem wieder eine Retinula mit ihrem Rhabdom zu sehen, und wenn auch die beiden letztern dadurch, dass sie die Mantelfläche des Kegels grösstentheils umhüllen, etwas befremdlich erscheinen, so könnte man doch leicht geneigt sein,

darin nur eine eigenthümliche Weiterbildung eines Verhaltens zu erkennen, das ich schon früher (l. c. Taf. VIII, Fig. 75) von *Periplaneta* abgebildet habe. Ja, selbst bis auf weit mehr untergeordnete Dinge scheint sich die Uebereinstimmung zu erstrecken; es scheinen nämlich auch die von mir als verschiedene Formen getrennten Pigmentzellen (1^{ter} Ordnung oder Hauptpigmentzellen, die im Insectenauge fast immer den Krystallkegel umhüllen; 2^{ter} Ordnung, die zur optischen Isolirung der Einzelaugen von einander dienen) in ganz analoger Weise ausgebildet zu sein, wie dort.

Trotz dieser anscheinenden Uebereinstimmung ist der Unterschied zwischen beiden Categorien so gross als nur möglich; sie haben ausser der hier nicht in Betracht kommenden Linsenfacette fast nichts mit einander gemein, als das Princip der Combination von an sich nur zu geringfügiger Leistung befähigten Einzelaugen zu einem Gesammtorgan von weit grösserer Leistungsfähigkeit, wobei es freilich, dem Modus dieser Leistung entsprechend, nicht ohne mehrfache, eine gewisse Analogie zeigende Umbildungen der Einzelbestandtheile des Auges abgeht.

Was nun zunächst den als Krystallkegel angesprochenen Apparat anbelangt, so erkennen wir bei näherer Prüfung, dass er unter die früher von mir beschriebenen Formen desselben (bei Insecten und Crustaceen) nicht eingereiht werden kann. Ich habe in meinem schon öfters citirten Werke nach dem Auftreten des Krystallkegels drei Augenformen unterschieden (l. c. pg. 75): 1. *a cone* Augen, bei denen es zeitlebens nie zur Bildung eines ächten Krystallkegels kommt, sondern immer vier Zellen an dessen Stelle gefunden werden; 2. *pseudocone* Augen, bei denen statt des Krystallkegels eine ungeformte flüssige Substanz sich findet; und 3. *eucone* Augen, bei denen ächte Krystallkegel als cuticulare Ausscheidungsprodukte von ebensoviel Zellen, als der Krystallkegel Segmente hat, nachweisbar sind. Da die uns hier beschäftigende Bildung nach meinen Untersuchungen wenigstens in keine der genannten Abtheilungen einzureihen ist, so haben wir hier ein *Novum* vor uns.

Ueber die Form, Lage und Zusammensetzung des fraglichen Gebildes, das ich hier zum Unterschiede von den Krystallkegeln als Krystallkörper bezeichnen will, geben die Figg. 15—18 Auskunft. Es sind schlanke, mit der Spitze nach innen gekehrte Kegel, deren Längenverhältniss zur Retinula schwankend ist, je nachdem das

Präparat aus der Mitte oder aus den peripherischen Partien des Auges stammt; die in der Mitte ragen weiter nach innen als die seitlichen, nehmen dort also einen grösseren Bruchtheil in Anspruch als hier. Ich habe sie leider im frischen Zustande nicht untersuchen können, sondern war ausschliesslich auf Spiritusexemplare von meistens sehr guter Erhaltung angewiesen. Untersucht man nun Schnitte von solchen, ohne Zusatz von pigmentzerstörenden Säuren, so ist die Substanz dieser Kegel zwar stark lichtbrechend, fast wie bei den Insecten, aber nie so klar und durchsichtig, wie bei diesen fast immer, sondern leicht granulirt; ausserdem zeigt die Masse auf Längs- wie auf Querschnitte ziemlich unregelmässige Zerklüftungen. Lässt man auf derartige Schnitte nun vorsichtig Säuren (ich wandte Salzsäure an) einwirken, so verändert sich in wenig Minuten, lange bevor das Pigment Spuren von Einwirkung zeigt, ihr Aussehen ganz bedeutend. Die Kegelsegmente machen nämlich eine Art von Lösungs- oder Schmelzungsprocess durch, indem sie unter völligem Verluste ihres eigenartigen starken Lichtbrechungsvermögens, von den Klüften her beginnend, sehr rasch kleiner und immer kleiner werden, um bald völlig zu verschwinden. An ihrer Stelle bleibt dann zurück, was meine Zeichnungen zeigen: sehr unregelmässig den Kegel längs durchziehende, im Allgemeinen von der Axe aus radiär gerichtete, aber auch häufig ganz willkürlich kreuz und quer verlaufende Membranen mit starken Faltungen, und dazwischen allerlei lose Coagula und Granulationen.

Was sind nun diese Kegelsegmente in morphologischer Hinsicht? Sind es Zellen, wie im aconen, Cuticularbildungen, wie in euconen Auge? Ich kann sie für keines von beiden halten, und weiss sie überhaupt einstweilen nicht unterzubringen. Ich habe mir alle denkbare Mühe gegeben, um eventuelle Kerne in den Segmenten, überhaupt im Innern des Kegels, nachzuweisen. Es ist mir nicht geglückt; ich habe mit keinem Hilfsmittel und an keinem Orte auch nur Andeutungen von Kernen aufzufinden vermocht. So, wie sie im fertigen Auge auftreten, können sie meines Erachtens also nicht als Zellen angesprochen werden, womit aber selbstverständlich nicht gesagt sein soll, dass sie zu keiner Zeit ihrer Existenz Zellen gewesen seien. Ich halte es im Gegentheile nach Abwägung aller Instanzen noch für das Wahrscheinlichste, dass sie modificirte, ihres Kernes verlustig gegangene Zellen sind — denn, wie gesagt, ich kann an die Existenz eines Kernes, der

mir entgangen sein sollte, nach den Dutzenden von daraufhin aufs Sorgfältigste durchmusterten Schnitten kaum mehr glauben. — Aber auch dass sie Cuticularbildungen (das Wort im weitesten Sinne genommen) sind, will mir nicht in den Sinn; wir hätten dann das Recht, nach den Zellen zu fragen, denen sie ihre Entstehung verdanken, und da diese, wie die sog. „Semper'schen“ Kerne bei den Krystallkegeln der Insecten und Crustaceen beweisen, doch nicht völlig spurlos zu verschwinden pflegen, hier aber nichts von ihnen aufzufinden war, so bestimmt mich dies, der ersten Deutung einstweilen, wenn auch selbstverständlich mit allen in solchen Fällen gebotenen Reserven, den Vorzug zu geben.

Wie dem nun auch sein möge — optisch vertreten diese Krystallkörper wohl jedenfalls die ächten Krystallkegel, mögen sie morphologisch sich auch noch so weit von ihnen entfernen. Da die Segmente der letzteren bei allen Schwankungen doch immer bei derselben Form die gleichen Zahlenverhältnisse aufweisen, so lag es nahe, hier das gleiche Verhalten vorauszusetzen. Indessen scheint das doch nicht zuzutreffen; es ist zwar schwieriger, als man glauben möchte, auf Querschnitten bestimmte, sichere, keinem Zweifel Raum gebende Zählungen vorzunehmen, da die trennenden Membranen meist recht kraus durch- oder nebeneinander herlaufen, doch hat eine Anzahl von Fällen mich überzeugt, dass die Schwankungen sich zwar innerhalb mässiger Grenzen halten (6—8 oder 9 Segmente), aber doch von Beständigkeit keine Rede ist (vgl. Fig. 16, Querschnitte durch die Enden zweier Krystallkörper unweit der Basis)¹⁾.

Für die percipirenden Organe des Einzelauges steht meines Erachtens nichts im Wege, den schon früher von mir vorgeschlagenen Ausdruck „Retinula“, der ja nur eine Retina en miniature bedeutet, die in das Gesammtauge eingeht, beizubehalten; dagegen könnte hier die Anwendung des Ausdrucks „Rhabdom“, mit dem ich die zu einem gemeinsamen Stab verschmolzenen Einzelstäbchen im höher organisirten Facettenauge bezeichnete, Anstoss erregen, da er nur auf den untern Theil des Ganzen passen würde.

1) W. Steinlin (Beiträge zur Anatomie der Retina, in: Verhandlgn. der St. Gallischen naturw. Ges. 1865/66. pag. 85 des Sep.-Abdr.; Taf. III, Fig. 17—19) zeichnet „Krystallkörper“ von „*Lithobius*“ (wohl sicher nach der ganzen Form auf *Scutigera* zu beziehen) fünfteilig.

Wenn ich ihn trotzdem hier gebrauche, so weiss ich, dass ich der Kürze des Ausdrucks die Consequenz zum Opfer bringe. Die Retinula mit dem von ihr gebildeten und umschlossenen Rhabdom zeichnet sich durch eine exquisite Trichterform aus (vgl. Fig. 15, 17); mit ihrem nach vorn geöffneten Vorderende umschliessen sie eng anliegend die innern zwei Drittel oder drei Viertel des Kristallkörpers, während der innere solide, der Trichterröhre zu vergleichende Theil der das Auge nach innen abgrenzenden Cuticula aufrucht. Das eigentliche Characteristicum von Retinula und Rhabdom aber ist ihre Zusammensetzung aus zwei etagenförmig übereinander lagernden Zellreihen, von denen die eine, der Trichtermündung entsprechende, aus 9—12 Zellen nebst zugehörigen Stäbchensäumen besteht, und sich von der andern, innern, die nur aus 3—4 Zellen und Stäbchen sich aufbaut, durch eine feine und zarte, aber doch ohne besondere Schwierigkeit nachweisbare Trennungslinie abgegrenzt erweist.

Zur nähern Orientirung über die Verhältnisse der Form und Lage der Retinulaelemente sowie ihrer Stäbchen bitte ich die Figuren 17 und 18, welche Seitenansichten resp. optische Längsschnitte (Fig. 18 nur durch den vordern Theil), sowie Fig. 19 A, B, C, welche Querschnitte durch dieselben in verschiedenen Höhen darstellen, vergleichen zu wollen. Wie man daraus erkennen wird, sind die Retinulazellen im Allgemeinen prismatisch, mit zwei geraden Seitenflächen ihre Nachbarn berührend, während die freie (abaxiale) Aussenfläche, namentlich der hinteren Zellen, mehr unregelmässig, oft kantig, vorspringt. Die axialwärts gerichtete Fläche, bei den Zellen der vordern Reihe ebenfalls eben, bei denen der hinteren aber durch das hier drehrunde Rhabdom flach rinnenförmig ausgehöhlt, trägt den Stäbchensaum, der ein im Allgemeinen recht ansehnliches Volumen erreicht, und ein bald (im vordern Abschnitt) prismatisches, bald (im hintern Abschnitt) als Segment eines Cylinders auftretendes Ansehen hat. Welche Variationen hinsichtlich der Grösse und des Aussehens (namentlich der Querschnitte der Stäbchen) sich finden, davon geben meine Zeichnungen (bes. Fig. 19) wohl eine genügende Vorstellung.

Da die Verengerung des Trichters nach hinten eine ziemlich beträchtliche ist, die Zählung der Stäbchen einer grössern Anzahl von Querschnitten sowohl durch den vordern als hintern Theil desselben aber im Durchschnitt die gleichen Zahlen ergibt, so folgt

daraus, dass die Verengung nicht dadurch entsteht, dass einzelne Stäbchen, resp. Zellen vor dem hintern Rande endigen, sondern nur sich verschmälern (vgl. Fig. 19, C, 1., Querschnitt dicht vor dem blinden Ende des Trichters). Anders aber scheint sich dies im hintern Theil der Retinula zu verhalten. Hier sind, wie schon bemerkt, 3—4 Zellen am Aufbau dieses Abschnittes betheiligt, die genau wie bei den höher differenzirten Formen des Facettenauges der Insecten der Länge nach aneinanderliegend ein axiales Gebilde, aus ebensoviel Einzelstäbchen bestehend als Zellen da sind, ausscheiden. Prüft man nun Querschnitte durch diesen Theil (Fig. 19, B, 1—3; C, 2), so wird man wohl ziemlich ausnahmslos (ich kann mich wenigstens nicht erinnern es anders gesehen zu haben) vier Zellen in der Umgebung des Rhabdoms finden; liegt der Schnitt mehr nach vorn gegen die Trichteröffnung hin, so zeigt sich das Rhabdom auch meist deutlich 4theilig, aber so, dass fast immer 3 der Segmente ein entschiedenenes Uebergewicht über das 4te behaupten, während Querschnitte weiter nach hinten meist nur drei Segmente aufweisen. Hier scheint also ein allmähliges Auskeilen eines Stäbchens stattzufinden, an dem sich die zugehörige Zelle nicht betheiligt.

Als ein Punkt von besonderer Bedeutung ist nun noch die Verbindung dieser Zellen mit den Fasern des Opticus (Op. Fig. 17) hervorzuheben. Dieser letztere tritt, in sehr zahlreiche, unter der innern Cuticula (Cu^II) in regelmässiger Anordnung sich ausbreitende Aeste gespalten, wie bei den Facettenaugen der Insecten und Crustaceen zu den Einzelaugen heran. Bei diesen letzteren ist es mir nur ganz ausnahmsweise gelungen (vgl. l. c. Taf. VII Fig. 44 von *Tipula*), durch die Beobachtung des Eintritts der Nervenfasern in die Retinulazelle den Nachweis zu führen, dass die beim einfachen Auge so allgemein beobachtete Form des Uebergangs der Nervenfasern in die Substanz der stäbchenträgenden Zelle auch hier Geltung hat, und andere Formen, etwa freie Nervenendigung, oder directe Verbindung der Nervenfasern mit den Stäbchen einstweilen ausserhalb der Wahrscheinlichkeit liegen ¹⁾. Nun ist klar,

1) Claus (Organismus der Phronimiden, in: Arb. Zool.-zoot. Inst. Wien II. Heft 2. pag. 70 d. Sep.-Abdr.) scheint aus der Seltenheit jener Beobachtungen sowohl, wie aus dem röhri gen Bau der Retinula der Phronimiden eine solche freie Nervenendigung noch immer für möglich, resp. bedingt

dass für die beiden Zellenreihen, welche den vordern und hintern Abschnitt der Retinula zusammensetzen, auch gesonderte Nervenverbindungen existiren müssen, wenn sie morphologisch und functionell mit den entsprechenden Perceptionsorganen der Insecten und Crustaceen gleichwerthig sind. Für die inneren Zellen, die mit breiter Basis der untern Grenzcuticula aufsitzen, ist dieser Nachweis nun freilich mit nicht geringeren Schwierigkeiten verknüpft, als bei den andern Facettenaugen überhaupt, und in der That ist es mir auch nie gelungen, ein deutliches Durchtreten einer Nervenfaser durch die (im optischen Schnitte gesehene) Cuticula und Vereinigung derselben mit der Substanz der Retinulazellen zu beobachten, was freilich bei den winzigen Dimensionen u. s. w. der hier in Frage kommenden Gebilde nicht überraschen kann. — Anders sieht es mit den äussern Retinulazellen (RI^I Fig. 17, 18) aus, die um die ganze Länge der innern (RI^{II}) von der Opticusausbreitung entfernt sind. Diese gehen an ihrem Hinterende, und zwar an einem nach aussen (abaxial) gerichteten Zipfel in je eine feine Faser aus (N, Fig. 17, 18), die, den innern Retinulazellen äusserlich aufliegend, sich nach hinten bis zur Cuticula verfolgen lässt, um dort freilich sich den Blicken zu entziehen. Dies Verhalten, zwar schwierig und nur mit ebenso starken als scharfen Vergrösserungen bei Exemplaren bester Erhaltung zu beobachten, habe ich so oft constatirt, dass alle anfänglich dagegen gehegten Zweifel nothwendig verschwinden mussten, und wie ich glaube wird auch eine objective Beurtheilung an der noch nicht beobachteten Perforation der Cuticula durch die Nervenfasern keinen Anstoss nehmen. — Bemerkt mag auch noch werden, dass die Querschnitte durch die innersten Partien der Retinula nicht selten noch in ihrer Umgebung die punktförmigen Querschnitte dieser Fasern zeigen.

Die Kerne der Retinulazellen liegen bei beiden Abschnitten nahe an den Vorderenden; sie sind mit Leichtigkeit (an entfärbten Präparaten besonders) nachzuweisen, namentlich leicht dann, wenn sie mit gelöstem Pigmente, das sie begierig aufnehmen, imbibirt sind. Mehr Kerne in den Retinulazellen nachzuweisen, als die gezeichneten, ist mir hier ebensowenig als bei anderen Myriapoden oder sonstigen Arthropoden gelungen.

Ich möchte nun noch die Aufmerksamkeit auf eine Struktur wahrscheinlich zu halten. Vielleicht dient auch der vorliegende Fall dazu, seine etwaigen Bedenken beseitigen zu helfen.

eigenthümlichkeit der Stäbchen lenken, die mir nicht häufig, aber doch ein paarmal vorkam, und welche Fig. 18 versinnlichen soll. Während nämlich die Stäbchensäume im Allgemeinen durch ihre klare und homogene Beschaffenheit, sowie durch ihre relativ starke Lichtbrechung sich auszeichnen, habe ich bei sonst sehr gut erhaltenen Exemplaren zuweilen Stäbchen getroffen, die durch eine feine und zarte, sonst aber nicht gerade sehr regelmässige Querstreifung den Eindruck etwa der bekannten „Plättchenstruktur“ machen, oder noch besser, als ob sie wieder aus einer Unzahl winziger mit einander verlötheter, horizontal gerichteter Stäbchen bestünden (Fig. 18, Rm^I). Ob wir hier Anklänge an die Stäbchenbildung bei *Iulus* und *Glomeris* vor uns haben, d. h., die Stäbchensäume von *Scutigera* als aus einer grossen Anzahl einzelner Häärchen hervorgegangen ansehen müssen, ist natürlich nicht so ohne Weiteres zu entscheiden.

Die Pigmentirung des Auges beruht theils auf der Ablagerung von Pigmentkörnern in den Retinulazellen selbst (vgl. Fig. 15), theils in der Ausbildung besonderer Pigmentzellen. Erstere sind namentlich reich pigmentirt in der unmittelbaren Nachbarschaft der Stäbchen. Von den Pigmentzellen lassen sich drei distincte Formen unterscheiden. Zunächst ist die Basis der Krystallkörper von einem Kranze grosser abgeplatteter Pigmentzellen umgeben, welche den Zwischenraum zwischen dem Vorderrande der Retinula und der Corneafacette erfüllen, und den Einfall alles anderen als des durch die letztere kommenden Lichtes völlig hindern (Fig. 15—18, Pg.). Auch hier scheinen keine constanten Zahlen zu herrschen, 8—10 dürfte aber etwa der Regel entsprechen. Nur selten sind sie übrigens so stark vorgewölbt, wie Fig. 16 (Querschnitt) sie zeigt; meist sind sie ganz flach, dann aber schwierig zu zählen. — Die zweite Form liegt zwischen den Einzelaugen, ungefähr in der gleichen Höhe mit den vorigen, d. h. mit ihren Kernen (Fig. 17, 18, 19, Pg^I). Diese sind lang spindelförmig ausgezogen, vielleicht sogar Pigmentfäden, die bis zur inneren Cuticula reichen, was nach geschehener Entfärbung sich freilich nur schwierig constatiren lässt. Der ersten Kategorie kommen scheibenförmig abgeplattete, der zweiten spindelförmige Kerne zu. — Eine dritte Reihe findet sich am hinteren Abschnitt der Retinula, dicht hinter dem Ende des Krystallkörpers (Fig. 18, 19, C, 2. Pg^{II}), wo sie auf oder zwischen den Retinulazellen liegen, mit ihren Kernen

etwa im Niveau der letzteren, von diesen aber durch ihre ebenfalls langgezogene Gestalt auf den ersten Blick zu unterscheiden. — Endlich wäre noch die dichte Pigmentirung der Sehnerven und der innern Cuticula zu erwähnen, die aber nicht näher geprüft wurde.

Damit habe ich meine Erfahrungen über diese interessante Augenform und zugleich über die Augen der Myriapoden überhaupt erschöpft. Sehen wir nun zu, ob und wie sich die hier mitgetheilten Resultate zusammenfassen und in physiologischer Hinsicht verwerthen lassen.

In morphologischer Beziehung stossen wir gleich beim Anfang auf ernstliche Schwierigkeiten in sofern, als eine der Hauptfragen sich meines Erachtens mit dem vorliegenden Materiale nicht genügend lösen lässt; nämlich die Frage, ob die Weichtheile des Myriapodenauges im Allgemeinen als einschichtig oder als zweischichtig zu bezeichnen sind. Ich habe in meinen frühern Untersuchungen auf die einfachen Augen der Larven einiger Wasserkäfer, besonders von jungen *Dytiscus*- und von *Acilius*-Larven besonders hinweisen können, weil bei diesen das Hervorgehen nicht nur des Glaskörpers, sondern auch der Retina aus den Elementen der Hypodermis sich durch die ununterbrochene Continuität manifestirt; ich habe dann ferner den Gegensatz betont, in dem sich die Stemmata der Spinnen und Insecten zu jenen dadurch befinden, dass durch die Unterbrechung jener Continuität die Retina ein Stratum für sich bildet, dessen aus allgemeinen Gründen wahrscheinliche Entstehung aus der Hypodermis aus der anatomischen Anordnung der Theile allein sich nicht mehr erschliessen lässt. Wie verhalten sich nun die Myriapodenaugen zu jenen beiden Formen? So einfach wie Sograff können wir uns, glaube ich, nicht aus der Affaire ziehen, der, jenen gewichtigen Unterschied anscheinend völlig ignorirend, sagt (l. c.): „Die Augen der Lithobien und Scolopendren gleichen gänzlich den Augen der Acilius- und anderer Käferlarven, sowie den Spinnenaugen“. Hier kann es für den Einzelfall nur heissen: entweder — oder; und zur Vereinfachung der Frage trägt es sicherlich nicht bei, wenn wir bei verschiedenen Exemplaren ein und derselben Art hier Thatfachen beobachten, die nur in dem einen Sinne deutbar sind, dort aber wieder andere, die schnurstracks die entgegengesetzte Interpretation nöthig machen.

In der That, hätte ich blos Präparate zu Gesicht bekommen, wie sie Fig. 1—4 von *Scolopendern*, Fig. 11 und 13 von *Iulus* und *Glomeris* zeigen; hätte ich ferner nicht gelegentlich die mit K bezeichneten Kerne hinter der Linse von *Lithobius* (Fig. 8) bemerkt — nach kurzer Ueberlegung würde wohl mein Urtheil sich für die Einschichtigkeit der Weichtheile des Myriapodenauges, und für den Anschluss an das der Wasserkäferlarven haben entscheiden müssen. Denn trotz aller als secundär zu betrachtenden Unterschiede in der Form- und Grössenentwicklung der Einzelbestandtheile spricht die Anordnung der Elemente des Glaskörpers der Scolopender, mit ihren nach aussen gewandten Enden, sowie die Anlagerung der gleichgerichteten Retinazellen an jene, gewichtig genug für eine Vergleichung in jenem Sinne. Noch weniger zweifelhaft kann die Einschichtigkeit der Augen von *Iulus* und *Glomeris* sein, obgleich hier durch den Ausfall des Glaskörpers die Aehnlichkeit mit den Augen jener Käferlarven in den Hintergrund tritt. Nun halte man aber daneben die Fälle wie Fig. 5 uns einen zeigt, in denen, von geringfügigeren Differenzen ganz abgesehen, der Glaskörper, nach der Art des Spinnenauges angeordnet, eine continuirliche unter der Linse hinziehende Schicht, anscheinend völlig ausser Connex mit der Retina stehend, bildet — was soll man dazu sagen? Wüssten wir nicht, dass das Thier, dem dies Präparat entnommen ist, in andern Exemplaren genau den gleichen Augenbau wie Fig. 1—4 zeigt, so würden wir in dieser Form ein ebenso typisches zweischichtiges Auge erkennen, wie im Spinnen- oder Insectenstemma. Welchen von diesen beiden Zuständen, die sich in den verschiedenen Phasen des individuellen Lebens abwechselnd ablösen, sollen wir nun als den primären ansprechen, um den andern (was an sich keine Schwierigkeit böte) darauf zurückzuführen? Hier, glaube ich, kann blos die Beobachtung der ersten Anlage in der Entwicklung eine sichere Antwort geben; ich wenigstens fühle mich ausser Stande, aus den bisher vorliegenden Thatsachen allein zu entscheiden. — Analog steht es bei *Lithobius*, wo die paar von mir nicht immer gesehenen Zellenkerne ein Hinderniss bilden, das Auge schlechthin als ein einschichtiges zu betrachten. Von *Scutigera* haben wir noch nicht gesprochen, aus dem einfachen Grunde, weil hier die Elemente des Krystallkörpers einer morphologischen Deutung sich nicht fügen wollen; sind es, wie ich oben vermuthungsweise andeutete, ihres Kernes

verlustig gegangene Zellen, so ist selbstverständlich von einer Einschichtigkeit des Auges nicht mehr zu reden.

Hier tritt uns nun entgegen, dass es hauptsächlich die Chilopoden unter dem zur Untersuchung gelangten Materiale sind, welche zu solchen Zweifeln Veranlassung geben, während die beiden Chilognathen, *Iulus* und *Glomeris*, solche weniger anregten — immer die durch die Untersuchung gelieferten Resultate als zutreffende vorausgesetzt. Bei den bekanntlich bedeutenden anatomischen Verschiedenheiten, die sonst die beiden Ordnungen von einander trennen, kann es auch nicht besonders überraschen, wenn diese auch im Augenbau ihren Ausdruck finden sollten; und es sollte mich nur freuen, sie constatiren zu können, wenn der jetzige Zustand unserer Kenntnisse, der jede Formulirung noch verbietet, nur eine präcisere, minder verlausulirte Fassung gestattete.

Wie wir daraus ersehen, sind auch der Möglichkeit, die hinter der Linse gelegenen Weichtheile des Myriapodenauges auf einander zurückzuführen, sehr enge Grenzen gezogen.

Vergleichen wir die Zellen des Glaskörpers der Scolopendriden mit denen im Spinnenstemma, so sind wir um beiden gemeinsame Züge nicht verlegen. Hier noch weniger als dort ist ihre Genese aus den Elementen der Hypodermis anzuzweifeln; hier wie dort ist die Linse auf sie zurückzuführen, und hier wie dort tritt uns ihre hervorragende Durchlässigkeit für Licht entgegen. — Schon anders gestaltet es sich bei *Lithobius*. Statt eines bestimmten Glaskörperstratum treten uns hier eigenthümliche Zellen entgegen, die haartragenden Zellen (H Z Fig. 9, 10): mit der starken Pigmentirung des Zellenleibes, welche die eine Seite der Function der Glaskörperzellen ausschliesst, tritt zugleich die Bildung jener feinen ciliären Anhänge auf, die wir nur hier, bisher sonst nirgends, finden. Dass sie am Aufbau der Linse sehr wesentlich betheiligt sein mögen, darauf lässt ihre Lagerung schliessen; dass aber auch hier ihre Leistung durch die noch so räthselhaften Elemente, deren Kerne (K Fig. 9) zur Beobachtung kamen, ergänzt wird, ist zum mindesten nicht unwahrscheinlich. — Bei *Iulus* und *Glomeris* fällt Alles fort, was irgendwie auf die Bezeichnung „Glaskörper“ Anspruch erheben könnte; dafür tritt dann die Continuität der Hypodermis mit den Augenweichtheilen inclusive Retina um so entschiedener in den Vordergrund. Als unzweifelhaft am Linsenaufbau betheiligt sehen wir bei *Iulus* diejenigen Pigmentzellen an, welche den Kegel-

mantel der inneren Linsenprotuberanz überziehen; wie aber die Bildung der abgestutzten Grenzfläche des Conus zu Stande kommt, das wissen wir einfach nicht. — Dasselbe gilt auch für *Glomeris*. — Bei *Scutigera* endlich treffen wir wieder anscheinend analoge lichtdurchlassende Elemente in einer Beziehung zur inneren Linsenfläche (die Segmente des Krystallkörpers), die uns unbedingt auch die Abhängigkeit der Linse von jenen verrathen würde — wenn sie eben nur Zellen wären; andere Elemente aber können wir kaum dafür verantwortlich machen.

Den Beweis zu führen, dass auch die Zurückführung der Retinaelemente auf die Hypodermis in allgemeiner Weise zur Zeit noch nicht gelingen kann, das darf ich mir wohl ersparen. Hoffentlich sind spätere Forscher glücklicher als ich.

Unabhängig von der Unsicherheit der morphologischen Deutung der einzelnen Augenbestandtheile, nicht berührt von der vorläufigen Ergebnisslosigkeit derselben, bleibt die Würdigung der Leistung des Myriapodenauges, über die noch ein paar Worte gestattet sein mögen.

Während man nach Graber's Untersuchungen einfach annehmen müsste, dass wenigstens die Augen der *Scolopendriden*, sowie von *Lithobius* und *Iulus* nach Art des Spinnenauges — wir können auch sagen, des Vertebratenauges — durch Bildperception functioniren, unbekümmert um die Schwierigkeiten, die sich bei letzteren beiden Gattungen aus der grösseren Augenzahl ergeben, stellt sich nach meinen Untersuchungen die Sache für mich in einem ganz andern Lichte dar. Weit entfernt, die Bilderzeugung wenigstens durch die so schön und regelmässig gewölbten Linsen von *Scolopendriden*, *Lithobius* und *Glomeris* in Abrede stellen zu wollen (für *Iulus* ist sie mir allerdings mehr als zweifelhaft), glaube ich doch den Nachweis wagen zu dürfen, dass dieselbe hier fast ebenso nutzlos, d. h. unwesentlich ist, wie im Facettenauge der Insecten und Crustaceen. Ich stütze mich hiefür auf den Bau der Retina: allerdings nicht, wie dort, um aus der geringfügigen Zahl der percipirenden Elemente, für welche uns auch hier die Stäbchen gelten müssen, oder aus ihrer aus der Projectionsebene des Bildes hinausgerückten Lage die Insufficienz derselben zur Bildperception zu demonstrieren; sondern ich fusse wesentlich auf ihrer Richtung zum einfallenden Lichte, um darzuthun, dass an eine Perception nach jenem Modus nicht wohl zu denken ist,

so lange die zur Zeit geltenden Anschauungen über die Rolle der Stäbchen beim Perceptionsacte Geltung haben.

Vergleichen wir das Auge eines der von mir untersuchten *Scolopendriden* mit dem Stemma einer Spinne, Insectenlarve oder eines Insectes, wie ich sie früher (l. c. Taf. I—V.) zur Darstellung brachte, so ergeben sich die schon oben angedeuteten, für die Interpretation in functioneller Hinsicht besonders wichtigen Unterschiede zwischen beiden Formen wie folgt. Im gewöhnlichen Arthropodenstemma treffen wir in einem durch die Ausdehnung des Glaskörpers bestimmten, bald grösseren bald kleineren Abstand von der Linse die Retina als eine mehr oder weniger regelmässig concentrisch mit der Linse gekrümmte Projectionsfläche, auf der die percipirenden Elemente (Stäbchen) annähernd senkrecht, also so stehen, dass sie ihre Querschnitte dem auf der Projectionsfläche zur Vereinigung gelangenden Lichte zur Durchstrahlung darbieten; und darauf beruht die gesonderte Perception des von den besonders leuchtenden Punkten des Gesichtsfeldes kommenden Lichtes. Hier dagegen, im Scolopendridenauge, schliessen sich dicht an die Linse eine Menge senkrecht zur Augenaxe gerichteter, schichtenweise hinter einander liegender Perceptionselemente an, von einer Anordnung also, die eine gesonderte Perception des von bestimmten Punkten kommenden, durch die Linse in bestimmter Tiefe wieder vereinigten Lichtes geradezu zur Unmöglichkeit machen muss. Denn es ist nicht einzusehen, warum die Lichtstrahlen, die vor und nach ihrer Vereinigung hinter der Linse eine Menge von Stäbchen der Quere nach zu durchsetzen haben, alle diese nicht, sondern nur ganz allein jene erregen sollen, auf denen sie sich vereinigen: afficiren sie aber alle durchlaufenen Stäbchen, so erregt das von einem Punkte ausgehende Strahlenbüschel statt eines oder nur weniger Stäbchen, wie im Spinnenauge z. B., deren eine ganze Menge. Da dies aber von jedem von einem beliebigen Punkte der Aussenwelt, der überhaupt Strahlen in das Auge senden kann, ausgehenden Strahlenbüschel gilt, so müssen nothwendig alle Stäbchen ziemlich gleichmässig von der gesamten Lichtmasse afficirt werden. Damit ist aber die Fundamentalbedingung für die gesonderte Perception verletzt.

Zum gleichen Resultate führt eine etwas andere Betrachtungsweise. Jedes der quer gerichteten Stäbchen ist seiner ganzen Erstreckung nach der Durchstrahlung ausgesetzt, aber auf jeden

Bruchtheil seiner Erstreckung kann durch die Projection der Linse anderes, von verschiedenen Punkten der Aussenwelt ausgehendes Licht fallen. Dass ein solches Stäbchen nur an einer bestimmten Stelle percipire, wäre eine willkürliche, durch keinen Anhaltspunkt zu stützende Annahme; reagirt es aber überall gleichmässig, so müssen die verschiedenartigsten Eindrücke sich mischen oder compensiren, und damit ist wieder jede Specification aufgehoben.

Kurz, wir mögen die Sache drehen und wenden wie wir wollen: sind die von mir als Perceptionsorgane analog denen in andern Augen gedeuteten Stäbchen wirklich die Träger dieser Function, so ist, und hauptsächlich durch ihre Anordnung, eine jede Unterscheidung der lichtaussendenden Körper der Aussenwelt, jedes auf Localisirung der Eindrücke beruhende Sehen, ausgeschlossen, und es bleibt nichts übrig, als die Wahrnehmung von Hell und Dunkel in ihren verschiedenen Abstufungen; und dies Resultat wird auch durch den Umstand, dass jederseits vier solcher unvollkommen functionirenden Augen vorhanden sind, nicht wesentlich modificirt.

Wenn uns bei dieser Betrachtungsweise unser Resultat als ein etwas paradoxes erscheint, so ist das wohl hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, dass hier unverhältnissmässig grosse Mittel aufgewandt werden, mit denen, wie man versucht ist zu sagen, die Natur weit mehr hätte ausrichten können. Es wäre in der That anscheinend ein Leichtes gewesen, aus einem solchen Scolopendridenauge ein Organ zu schaffen, das hinsichtlich der Leistungsfähigkeit sich an die Spinnenaugen hätte anreihen lassen; es hätte dazu ja nur der Umlagerung des ohnehin schon vorhandenen Materials, der Zellen des Glaskörpers, sowie der Retina nebst den Stäbchen bedurft. Warum sie dies unverantwortlicher Weise unterlassen hat, diese Frage zu erörtern können wir den Teleologen und Dysteleologen überlassen.

Prüfen wir nun ein Einzelauge von *Iulus* und von *Glomeris* nach diesen Gesichtspunkten, so dürfte die Ausführung, dass das Resultat ganz das gleiche wie vorhin sein müsse wegen derselben Anomalie der Stäbchenrichtung zum einfallenden Lichte, wohl überflüssig sein. Selbst wenn man die Einzelstäbchen in diesen Augen, die, wie ich oben gezeigt habe, numerisch die Zellen, sowie auch die zutretenden Opticusfasern weit übertreffen, als ebensoviele Elementarorgane der Perception in Rechnung bringen wollte — was aber schwierig plausibel zu machen sein dürfte — so würde da-

durch das Resultat nicht berührt werden. — Nur in einer Beziehung hat das Auge dieser Thiere, namentlich von *Iulus*, einen Vorsprung vor dem der *Scolopendriden* voraus, indem die Einzelorgane sich nach den Bedingungen des musivischen Sehens ergänzen können. Bei der so geringen Anzahl von Augen bei *Iulus*, der noch weit geringern bei *Glomeris* dürfte aber dieser Vorsprung kaum hoch anzuschlagen sein.

Nicht ganz so leicht ist der Nachweis des gleichen Verhaltens für das Auge von *Lithobius* zu führen, da hier, die Richtigkeit meiner Beobachtungen vorausgesetzt, wenigstens ein Theil der Stäbchen ihre Querschnitte dem einfallenden Lichte zuwenden. Hier kommt aber noch mehr ein Umstand in Betracht, der zwar auch bei den vorhin besprochenen Augen sich findet, jedoch nur als ein Moment von secundärer Bedeutung: es ist dies der Mangel an dem die Stäbchen von einander isolirenden Pigment, der eine scharfe Localisirung des Reizes nicht gestattet. Ausserdem ist der nur geringen Stäbchenzahl Rechnung zu tragen als eines fernerer Momentes für die Unwahrscheinlichkeit der Bildperception. Dagegen würde auch in diesem Falle durch die Aneinanderlagerung einer wenn auch nur beschränkten Anzahl von Einzelaugen eine gewisse Abstufungsfähigkeit der gleichzeitigen Eindrücke nach der Art des musivischen Sehens anzunehmen sein.

Weit einfacher liegen die Dinge für das Auge von *Scutigera*. Ich habe dasselbe schon oben als ein zusammengesetztes bezeichnet, dessen Anordnungsverhältnisse, von allen innern Structurverschiedenheiten abgesehen, durchweg nur mit denen der Insecten und Crustaceen verglichen werden können. Dass auch die aus der morphologischen Beschaffenheit abzuleitende Leistung des Einzelauges sowohl wie des Gesamtcomplexes von der dort herrschenden nicht in irgend wesentlichen Beziehungen differiren kann, glaube ich hier um so weniger ausführen zu müssen, als ich schon früher (l. c. pag. 142—157) die hierbei maassgebenden Factoren einer eingehenden Analyse unterworfen habe, und daher wohl darauf verweisen darf.

Nur noch eine kurze Bemerkung zum Schlusse. In meinem Buche habe ich geglaubt, das Facettenauge von *Limulus* in nähere Verwandtschaft zu dem Myriapodenaugen bringen zu dürfen (l. c. pag. 131). Jetzt, nach näherer Kenntniss dieses letzteren, habe ich jene Ansicht allerdings zu modificiren, d. h. jene Verwandtschaft

auf diejenigen Myriapodenaugen einzuschränken, die, wie *Iulus* und *Glomeris*, am evidentesten einschichtig sind, wie es das Auge von *Limulus* auch zu sein scheint. Eine weitere Discussion darüber würde, da noch eine Reihe von Lücken auszufüllen sind, zu nichts führen.

Rostock, Ende Juni 1880.

Nachtrag.

Wenige Tage nach Absendung des Manuscripts vorstehender Arbeit erhielt ich durch die Güte des Verfassers die nunmehr gedruckte ausführliche Arbeit Sograff's über Myriapoden ¹⁾. Der Text ist mir leider unverständlich, aber die — beiläufig bemerkt, mit seltener Meisterschaft gezeichneten und ebenfalls sehr schön in Farbendruck ausgeführten — Tafeln (namentlich Taf. III) bieten, falls ich sie richtig verstehe, wenigstens einige Anhaltspunkte zur Vergleichung seiner Resultate mit den meinigen. Seine Untersuchungen erstrecken sich auf *Scolopendra aralo-caspica* (Fig. 16, 17), *Lithobius forficatus* (Fig. 14) und *Cermatia coleoptrata* (*Scutigera araneoides*) (Fig. 15). Trotzdem ich nach diesen Zeichnungen eine Reihe von Differenzen zwischen unsern Untersuchungen sehe, sind sie doch weit eher unter sich vergleichbar, als mit denen Graber's, da (für *Scolopendra* und *Lithobius* wenigstens) die Elemente der Retina überall einzellig dargestellt sind.

Von *Scolopendra* hat Sograff keinen Längsschnitt durch das ganze Auge, sondern nur einen Querschnitt durch die Retina (Fig. 17) sowie ein Stück eines Längsschnittes einer Randpartie derselben (Fig. 16) gegeben. Aus beiden geht hervor, dass auch hier die Stäbchen horizontal gelagert sind; freilich scheint der Erhaltungszustand seines Materiales, nach der Art zu schliessen, wie er die Stäbchen wiedergibt, sehr ungünstig gewesen zu sein. — Bei *Lithobius* scheint ihm die Differenzirung der hinter der Linse gelegenen Zellen des Augenmantels in haartragende Zellen und Retinazellen nicht klar geworden zu sein; er zeichnet sie im

1) Anatomie von *Lithobius forficatus*. Moskau 1880. Mit 3 Taf. gr. 4°. (In russischer Sprache.)

ganzen Umfang gleichmässig, die vordern ohne den charakteristischen Haarbesatz, die hinteren ohne Stäbchen; ausserdem fehlt die Andeutung des Uebergangs der Opticusfasern in die Retinazellen. Dagegen sind ihm die hinter der Linsenmitte gelegenen Kerne nicht entgangen; nach der Buchstabenbezeichnung (crp. vit.) zu schliessen, bezeichnet er sie als Glaskörper, was morphologisch sicherlich nicht zu beanstanden ist, obschon sie physiologisch kaum die Rolle eines solchen spielen können.

Am wenigsten scheint seine Untersuchung des Auges von *Scutigera* (*Cermatia*) vom Glück begünstigt gewesen zu sein. Ich finde in seiner Figur 15 zwar wohl den „Krystallkörper“ (crp. vitr.), sowie die Retinula (nrv.) wieder, aber von all den so eigenthümlichen Structurverhältnissen, welche ich ausführlich oben beschrieben habe, ist nichts angegeben. — Wenn die kugeligen Körper, die er im Krystallkörper zeichnet, Kerne der Segmente desselben vorstellen sollten, so ist es ja wohl möglich, dass er hierin vielleicht glücklicher war als ich; doch können in dieser Region gar leicht Verwechslungen mit Kernen der Pigmentzellen oder der vordern Retinulazellen vorkommen.

Rostock, 10. Juli 1880.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XX und XXI.

Bedeutung einiger mehrfach vorkommenden Buchstaben.

L	= Linse.
Lf	= Linsenfacette (Fig. 15, 17).
Cu	= Aeussere (Leibes-) Cuticula.
Cu ^I	= Cuticula um das Einzelauge.
Cu ^{II}	= Innere Cuticula.
Gk	= Glaskörper.
Hy	= Hypodermis.
Rz	= Retinazellen.
RI, RI ^{II}	= Retinulazellen.
St	= Stäbchen.

Rm ^I , Rm ^{II}	= Rhabdom.
Pg, Pg ^I , P ^{II}	= Pigmentzellen.
II Z	= Haartragende Zellen (Fig. 9, 10).
Kk	= Krystallkörper.
Op	= Nervus opticus.
N	= Nervenfasern (Fig. 17, 18).

Tafel XX.

- Fig. 1. Durchschnitt durch ein Auge von *Scolopendra tahitiana* (Vgr. ¹²⁰/₁) mit noch erhaltenem Pigment.
- Fig. 2. Seitlicher Theil des Glaskörpers und der Retina von derselben Art. (Vgr. ⁴⁵⁰/₁, Imm. 1. Oc. III Zeiss.) Die Stäbchen (St.) sind aus Raumrücksichten im Verhältniss zu den Retinazellen viel zu kurz gezeichnet.
- Fig. 3. Durchschnitt durch ein Auge von *Cormocephalus foecundus*. (Vgr. ³⁴⁰/₁, Imm. 1. Oc. II.) Das Pigment ist grossentheils durch Kalilauge zerstört.
- Fig. 4. Durchschnitt durch ein Auge von *Heterostoma australicum* (Vgr. ³⁴⁰/₁, Imm. 1. Oc. II); nach Behandlung mit Ac. nitr., wodurch das Pigment nur theilweise gelöst, aber geröthet wurde.
- Fig. 5. Durchschnitt durch den vorderen Theil eines Auges von *Branchiostoma australicum* (Vgr. ³⁴⁰/₁, Imm. 1. Oc. II); Linse noch unausgebildet, der Glaskörper sehr stark und abnorm entwickelt, was auf überstandene Häutung schliessen lässt.
- Fig. 6. Querschnitt durch einige Retinazellen von *Cormocephalus gracilis* (Vgr. ⁷⁶⁰/₁, Imm. 3, Oc. I). Die Pigmentkörner sind etwas zu klein ausgefallen.
- Fig. 7. Querschnitt durch einige Stäbchen der gleichen Art; bei derselben Vergrösserung gezeichnet.
- Fig. 8. Cuticula und äussere Pigmentlage (Pg.) eines Auges von *Heterostoma australicum* im Querschnitt, nach Entfärbung durch Kalilauge (Vgr. ⁴⁵⁰/₁, Imm. 1. Oc. III).
- Fig. 9. Schnitt durch zwei Einzelaugen von *Lithobius*; von einem ziemlich kleinen Exemplar. (Vgr. ⁵⁹⁰/₁, Imm. 2. Oc. II.) Nach Entfärbung durch Salzsäure, und Kerntinktion durch das gelöste Pigment. — Zwischen den Einzelaugen liegen einzellige Integumentdrüsen (Dr.). K, Kerne hinter der Linse.
- Fig. 10. Querschnitt durch ein solches Auge in der Region der haartragenden Zellen, etwas schematisirt; bei gleicher Vergr. gezeichnet.

Tafel XXI.

- Fig. 11. Schnitt durch zwei Einzelaugen von *Iulus* (1, 2), bei gl. Vergr. — 1, Auge mit zerstörtem, 2, Auge mit noch fast völlig erhaltenem Pigment.
- Fig. 12. Querschnitt durch die Retina zweier solcher Augen, entfärbt, bei gleicher Vergr.
- Fig. 13. Schnitt durch zwei Einzelaugen von *Glomeris* (Vgr. $\frac{340}{1}$, Imm. 1. Oc. II). 1, mit zerstörtem, 2, mit erhaltenem Pigment.
- Fig. 14. Wahrscheinlich etwas schräger Schnitt durch ein Auge von *Glomeris*, bei gl. Vergr.
- Fig. 15. Zwei Einzelaugen von *Scutigera*, noch mit Pigment (Vgr. $\frac{350}{1}$, E, Oc. II).
- Fig. 16. Querschnitt durch zwei Einzelaugen ebendaher, in der Region der vordern Pigmentzellen (Pg.) (Vgr. $\frac{590}{1}$, Imm. 2. Oc. II).
- Fig. 17. Einzelauge, ebendaher, mit Salzsäure entfärbt, mit Pigmenttinktion. (Vgr. dieselbe.)
- Fig. 18. Vorderer Theil der Weichtheile eines Einzelauges des gleichen Thieres, gleiche Vergr. und Behandlung.
- Fig. 19. Querschnitte durch eine Anzahl Retinulae desselben Thieres in verschiedenen Höhen, bei gl. Vgr. — A, vier Querschnitte durch den vordersten Theil, in der Region der Kerne. — B, 1—3. Querschnitte durch den innern soliden Theil. — C, 1, 2. Querschnitte durch Retinulae eines andern Exemplares; 1, durch den innersten Theil des Trichters, 2, durch den soliden Theil.